كراسات الثقافة العلمية

سلسلة غير دورية تعنى بتيسير المعارف والمفاهيم العلمية

رحلة فى
فيزياء المادة والكون

د. رؤوف وصفى



المكتبة الأكاديمية
شركة مساهمة مصرية



كراسات « الثقافة العلمية »

سلسلة غير دورية تعنى بتيسير
المعارف والمفاهيم العلمية

رئيس التحرير أ.د. أحمد شوقي   مدير التحرير أ. أحمد أمين
المراسلات

المكتبة الأكاديمية
شركة مساهمة مصرية

١٢١ شارع التحرير – الدقي – الجيزة
القاهرة – جمهورية مصر العربية
تليفون: ٣٧٤٨٥٢٨٢ – ٣٣٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)
فاكس: ٣٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)



المكتبة الأكاديمية
شركة مساهمة مصرية
الحاصلة على شهادة الجودة
ISO 9002
Certificate No.: 82210
03/05/2001

رحلة فى فيزياء المادة والكون

رحلة فى
فيزيــاء المــادة والكـــون

رؤوف وصفى

الناشر



المكتبة الأكاديمية

٢٠٠٨

حقوق النشر

الطبعة الأولى ٢٠٠٨م - ١٤٢٩هـ

المكتبة الاكاديمية

شركة مساهمة مصرية

رأس المال المصدر والمدفوع ١٨,٢٨٥,٠٠٠ جنيه مصري

١٢١ شارع التحرير - الدقي - الجيزة
القاهرة - جمهورية مصر العربية
تليفون: ٣٧٤٨٥٢٨٢-٣٣٣٦٨٢٨٨(٢٠٢)
فاكس: ٣٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

كراسات الثقافة العلمية

هذه السلسلة :

تمثل تلبية صادقة للمساهمة فى الجهود التى تعنى بتيسير المعارف والمفاهيم العلمية لقراء العربية. إن هذا المجال الهام، الذى نأمل أن يساعد فى إدماج ثقافة العلم ومنهجه فى نسيج الثقافة العربية، يحتاج إلى طفرة كمية ونوعية هائلة، وإلى فرز للجيد والردىء والنافع وغير النافع، بل وإلى كشف الإتجاهات المعادية للعلم، حتى وإن قدمت باسم العلم. إننا ننطلق من قناعة كاملة بتقدير ثقافتنا العربية / الإسلامية الأصيلة للعلم والعلماء، ومن إستناد إلى تاريخ مشرف للعطاء العلمى المنفتح على مسيرة العطاء العلمى للإنسانية فى الماضى والحاضر والمستقبل، ومن تطلع إلى أن نستعيد القدرة على هذا العطاء كى نشارك فى تشكيل مستقبل البشرية، الذى تلعب فيه الثورة العلمية والتكنولوچية دوراً محورياً كقوة دافعة ومؤثرة فى الوعى المعرفى للبشر وفى مجمل أنشطتهم ونوعية حياتهم، بل وفى قدرتهم على الإمساك بزمام

أمورهم. وإذا كنا نؤمن بأهمية تحول مجتمعاتنا العربية إلى مجتمعات علمية فى فكرها وفعلها، فإن ذلك لن يتأتى إلا بنشر واسع ومتميز لثقافة العلم بكل أشكالها. ونأمل أن تكون هذه السلسلة، التى تبنتها المكتبة الأكاديمية، خطوة على هذا الطريق.

هذه الكراسة :

تقدم قراءات متنوعة حديثة، تمثل في مجملها رحلة مثيرة في فيزياء المادة والكون. لقد كانت محاولة فهم أسرار الكون المترامي الأبعاد الشغل الشاغل للإنسان منذ القدم، حتي أن البعض يورد ملاحظة ذات مغذي، توضح أن الإنشغال بأعماق الكون قد سبق الإنشغال بأعماق الأرض، التي يعيش عليها في هذا الكون الرحب. ورغم كثرة الكتابات في هذا الموضوع للقارئ العام غير المتخصص، إلا أن رائعة «ستيفن هوكنج» الشهيرة «التاريخ الموجز للزمان»، تمثل علامة فارقة في الاهتمام بالثقافة العلمية بشكل عام، وبموضوع الكون بشكل خاص، دون أن ننسي ريادة «كارل ساجان» وعمله الأشهر عن الكون.

وفي السنوات الأخيرة، إزدادت جاذبية هذا الموضوع عند قراء العربية. وكان مؤلفنا الكاتب العلمى / رؤوف وصفي من أكثر كتاب الثقافة العلمية متابعة وانتاجًا. وإذا كنا قد سعدنا بانضمامه إلي أسرة «كراسات العلم والمستقبل» بعمل سابق نشر في سلسلة «كراسات الثقافة العلمية»، فإننا نرحب برحلة الجديدة في فيزياء المادة والكون، التي تطوف بنا في مكونات المادة، وتذهب إلي ما قبل الإنفجار العظيم، الذي بزغ عنه الكون، وتحدثنا عن نظرية الأوتار الفائقة، التي تتعرض الآن لمراجعة كبيرة، ولا تنسي أن تحدثنا عن أعماق أمنا الأرض، وغير ذلك كثير.

أحمد شوقي

يناير ٢٠٠٨

قائمة المحتويات

الموضـــــــوع	الصفحة

الموضـــــوع	الصفحة

عالم غامض.. داخل الكوارك

أحدث الأخبار المثيرة في عالم فيزياء الجسيمات particle physics ، أن الكوارك quark ربما ينقسم إلي بعض المكونات الأولية الأصغر، فقد ثبت أن هناك دلائل علي أن الكوارك له مكونات فرعية داخلية. وهذا أول دليل علي أن الكوارك ليس جسيما أوليًا «كالإلكترون» وإنما يتكون من جسيمات أصغر منه.

ولعل ذلك يكون فتحًا علميًا مدهشًا يفوق نظرية الديناميكيات اللونية الكمية quantum chromodynamics والنموذج القياسي standard model الحالي لفيزياء الجسيمات الأولية، وربما تكون فيزياء الجسيمات التجريبية قد «اكتشفت كنزًا» ، هو أول اكتشاف هام بعد فترة طويلة من الزمن.

كوارك قمة...والدفقات عالية الطاقة

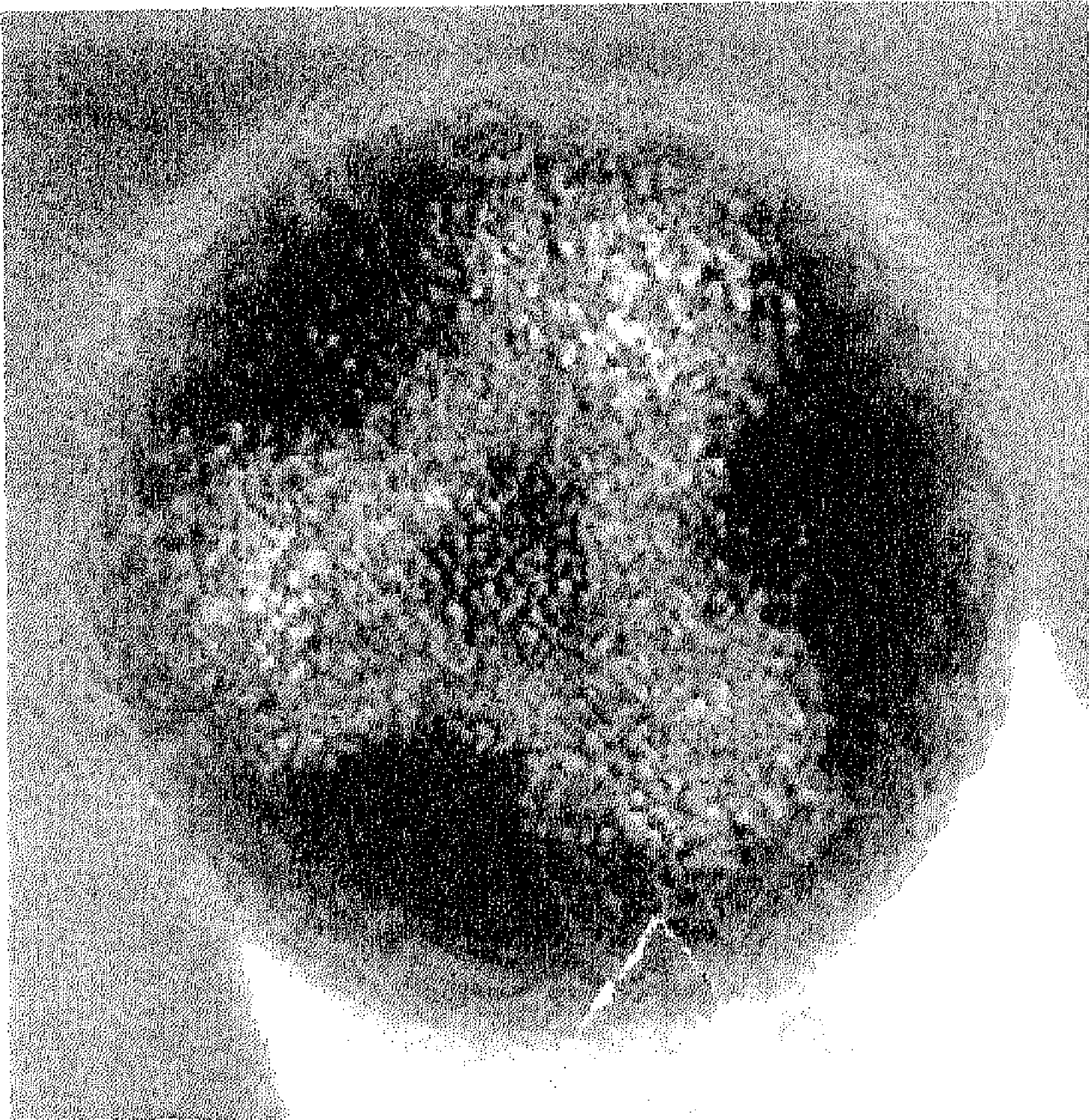
أجري العلماء تجربة بجهاز «الكاشف التصادمي» Collid-er Detector بمختبر فيرمي الأمريكي Fermi في عامي ١٩٩٤ ، ١٩٩٥ افترضت ثم أكدت صحة أكتشاف الكوارك «قمة» Top Quark بإحداث تصادمات بطاقة ١,٨ تيرا إلكترون فولت Tev ، بين البروتونات والبروتونات المضادة.

ولكي يتم تجميع دليل مقنع علي وجود كوارك قمة، قام طاقم علماء الكاشف بتجميع بيانات من عدد كبير من تصادمات البروتونات والبروتونات المضادة وبعد الانتهاء بأمان من موضوع كوارك قمة، عكف مجموعة علماء الكاشف علي دراسة البيانات المتجمعة بشأن جوانب أخرى من تصادمات البروتونات والبروتونات المضادة.

إحدي هذه الدراسات تركزت علي «الدفقات عالية الطاقة» jets من تلك التصادمات.

والدفقة عالية الطاقةهو اصطلاح فيزيائي يعني حزمة من

الجسيمات عالية الطاقة، الي تنطلق في نفس الاتجاه ولا تسمح قواعد نظرية «الديناميكيات اللونية الكمية» بوجود كواركات حرة طليقة Free Quarks .



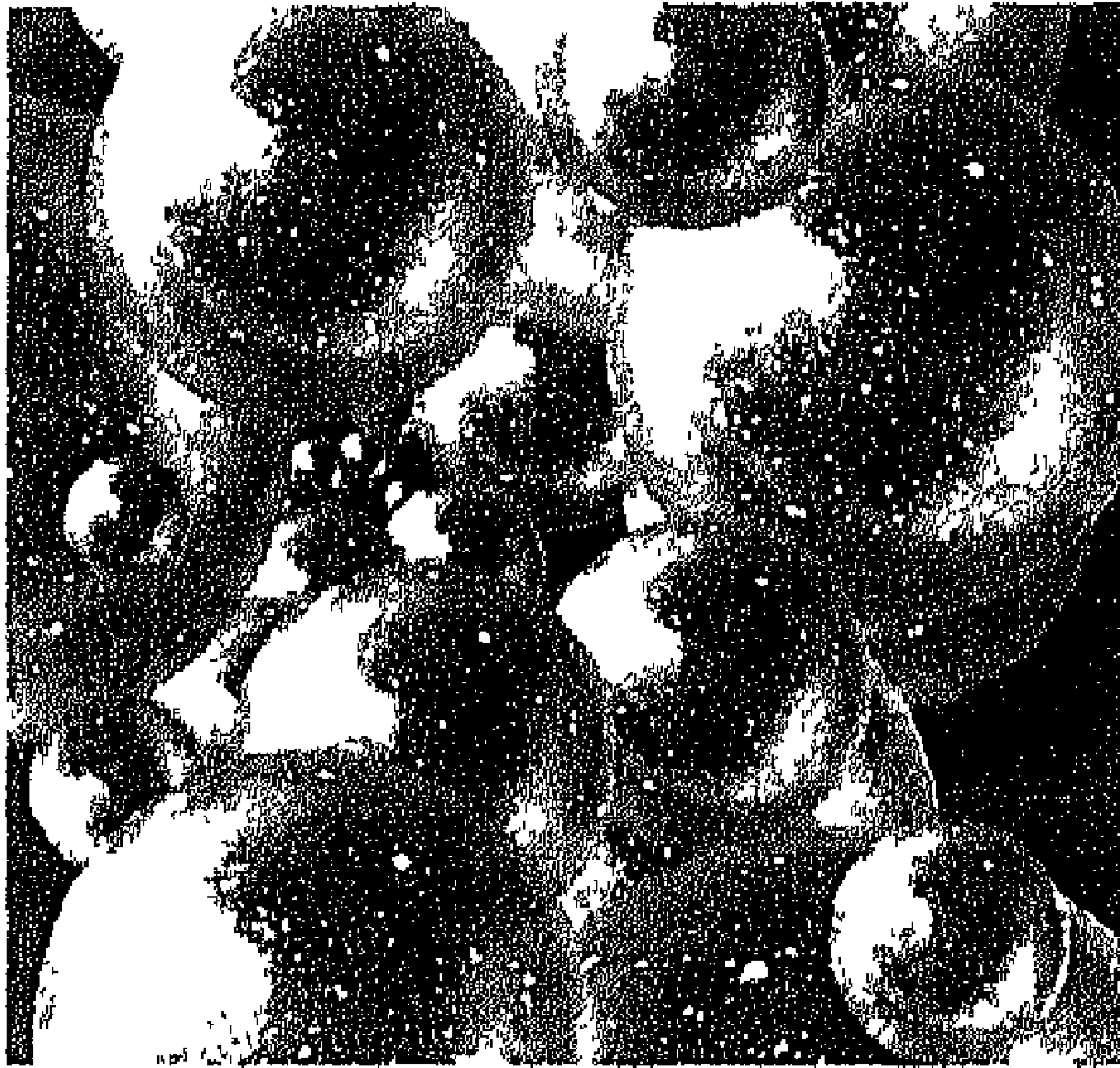
وداخل البروتونات المتصادمة، تكون الكواركات المكونة لها مرتبطة بقوة ببعضها البعض بجلونات Gluons عبارة عن «خيوط لونية» فإذا اصطدم كوارك بآخر وجهًا لوجه واندفع متملصاً من البروتون المحدق به، فإن محاولة هروبه من أسر سجنه تؤدي إلي «مط» الخيط اللوني حتي ينقطع، ويتكون في الحال كوارك جديد وكوارك مضاد له عند طرفي الخيط المقطوع.

ويتحد العدد الهائل من الكواركات الجديدة، لتكوين العديد من الجسيمات الجديدة التي تتحرك كلها في نفس اتجاه الكوارك الأصلي مكونة «دفقًا». وكلما «أنفلت» كوارك عالي الطاقة من أحد التصادمات، يصل هذا الدفق إلى الكاشف ويُرصد.

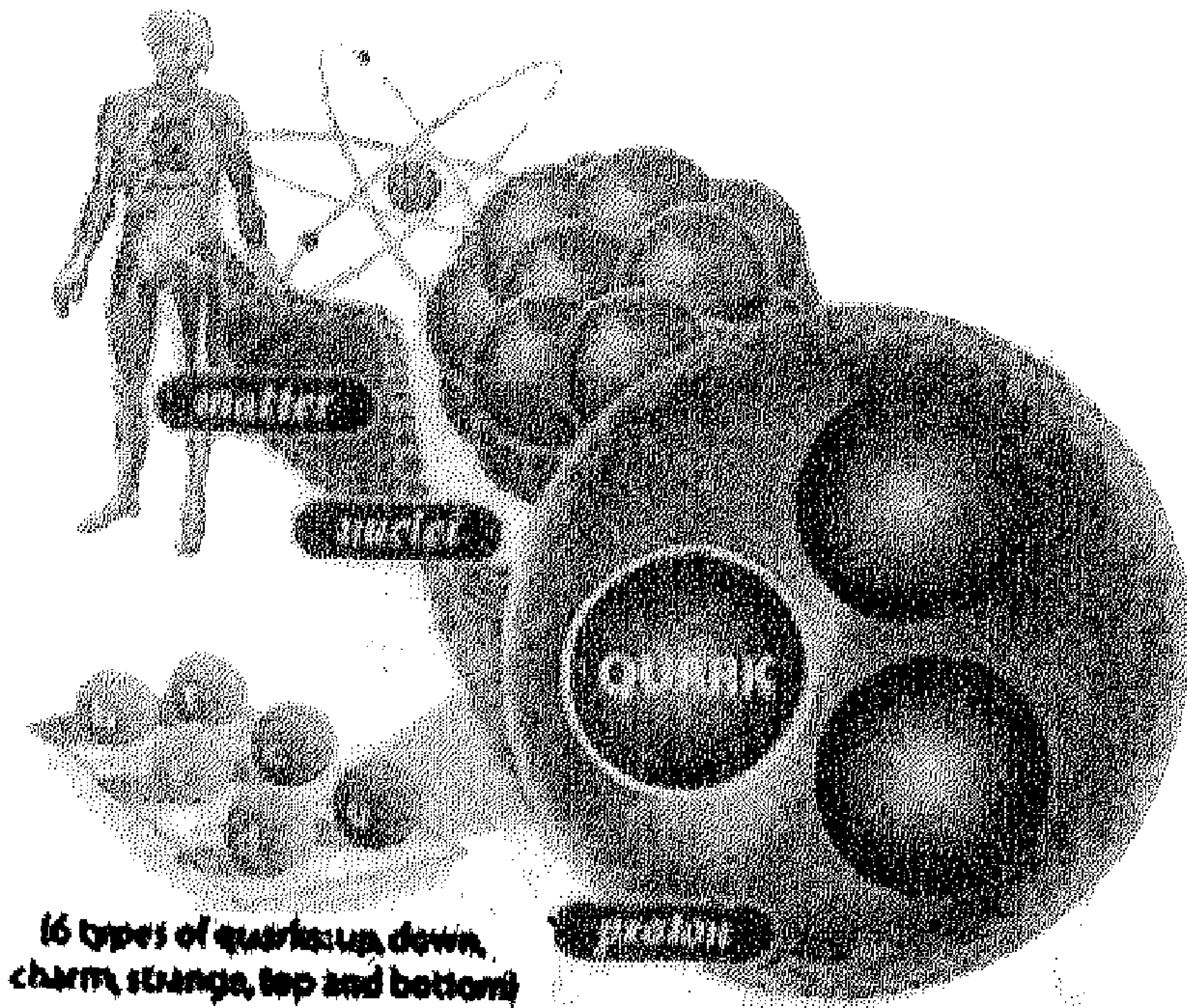
غير أن رؤية تلك الدفقات ليس أمراً جديداً. فقد أصبح ذلك سمة قياسية لتصادمات البروتونات والبروتونات المضادة بمختبر فيرمي. لكن الجديد هو أن بيانات الكاشف التصادمي، بيّن وجود زيادة غير متوقعة في الدفقات ذات الطاقات فوق ٢٠٠

ميجا الكترون فولت Gev وهي زيادة لا يمكن تفسيرها وفقًا لأفضل النماذج النظرية المعروفة.

كما أن تحليل تلك النتائج أمر بالغ الصعوبة، ويتطلب الكثير من البراعة والحذر. إذ يجب استبعاد أي «ظاهرة» موجودة، ولا علاقة لها بالدفقات. وأي سوء تقدير لتلك الظواهر التي ليس لها علاقة بالدفقات عالية الطاقة، يمكن أن يؤدي إلي نتائج مضللة، ومن هنا فقد راعي فريق علماء الكاشف، حسن التقدير والتبصر عند تحليل البيانات وتحديد النتائج التي سوف يتم الإعلان عنها.



وكنا نفضل بالطبع تأكيدات لذلك من تجارب أخري. لكن في الوقت الحالي فإننا سوف نتقبل النتائج المعلن عنها. وأحد التفسيرات لتلك الزيادة في الدفقات عالية الطاقة، أنه يوجد في «أعماق» الكواركات جسيمات أخري أصغر منها. وباختصار فإن طاقم الكاشف التصادمي يفترضون وجود جسيمات أساسية أصغر من الكواركات ذاتها.



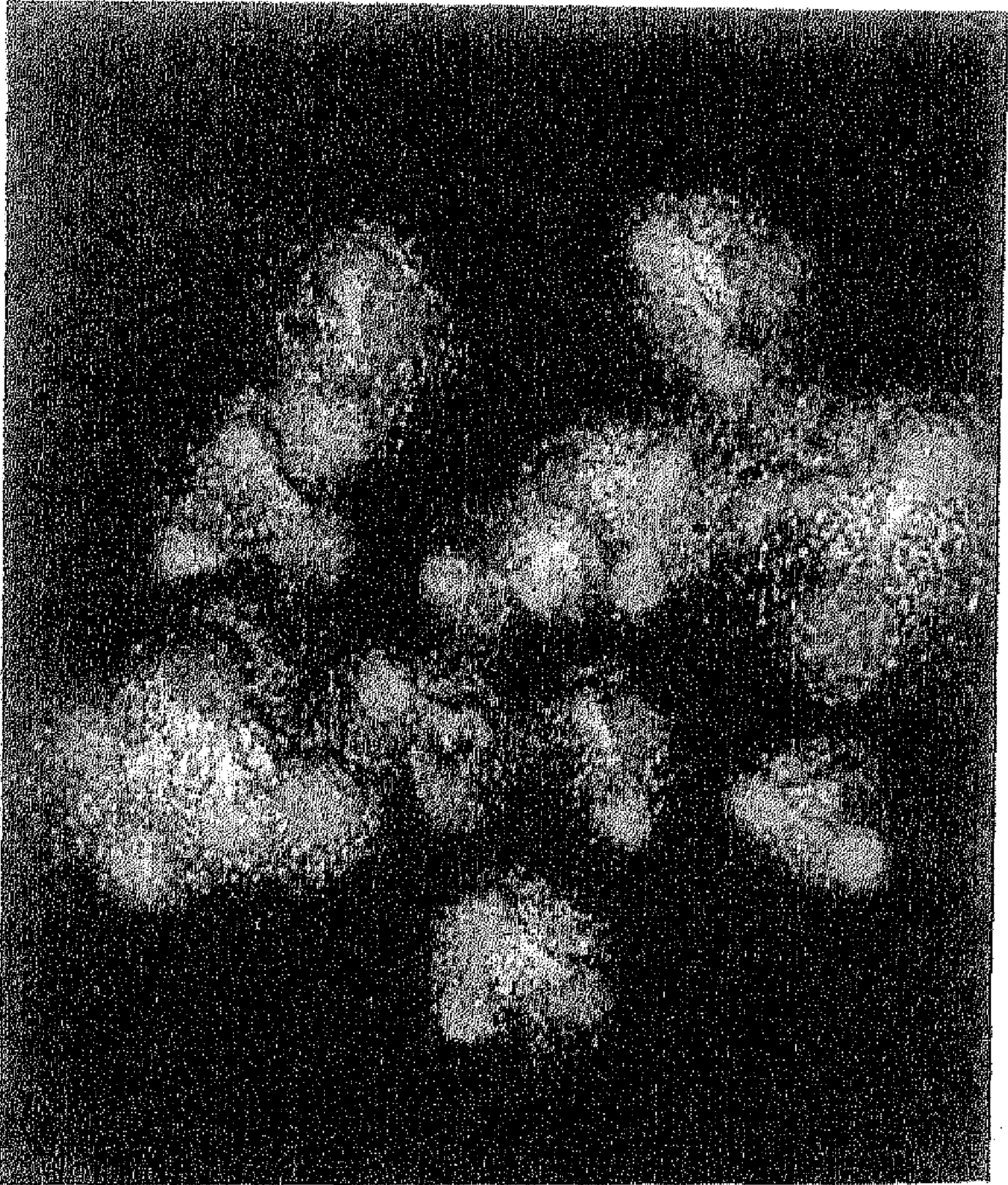
البريونات....الغامضة

ونحن نعد ذلك مجرد حلقة جديدة في سلسلة الاكتشافات الفيزيائية المشابهة.

ففي عام ١٩١١ استنتج «إرنست راذرفورد» Ernest Rutherford – بعد أن لاحظ فريقه العلمي في «مانشستر» جسيمات «ألفا» تنتشر منطلقة من رقائق الذهب وأحيانًا بزوايا كبيرة جداً – أن الذرات لابد أن يكون لها تركيب داخلي مدمج أو متراص Compact substructure وهو ما نسميه في الوقت الحاضر «نواة الذرة» Atomic Nucleus.

وفي عام ١٩٩٠، حصل «تيلور» و «كندل» علي جائزة نوبل في الفيزياء، للأكتشاف الذي توصلا إليه، وهو أن أنطلاق الإلكترونات من البروتونات، يدل علي وجود مكونات أو جسيمات أصغر داخل البروتون. إن تلك التجارب والأبحاث، قدمت إثباتًا عمليًا مقنعًا علي وجود الكواركات. والآن فإن أنطلاق وانتشار جسيمات متناهية في الصغر، نتيجة اصطدام

الكواركات ببعضها البعض، يعد دليلاً علي وجود تركيب داخلي للكوارك ذاته، ويتساءل العلماء : هل معنى ذلك أننا دخلنا في لعبة «الدمي الروسية» الشهيرة، التي تتضمن أن كل دمية بداخلها دمية أصغر، وهكذا إلي مالا نهاية !



وتوحي أبحاث وتجارب الكاشف التصادمي بمختبر فيرمي بأن هناك جسيمات جديدة وغير معروفة حتي الوقت الحاضر. «وتصنع» الكواركات وربما أيضًا اللبتونات Leptons مثل الإلكترونات والنيوترينوات Neutrinos ، مثلما تصنع البروتونات والنيوترونات من الكواركات أو تصنع البروتونات والنيوترونات أنوية الذرات أو تصنع الأنوية والإلكترونات الذرات أو تصنع الذرات الجزيئات... الخ. لكن تُرى هل تلك السلسلة المتدرجة لانهائية؟ أم أنها تتوقف في نقطة ما ؟

إذا تأكدت صحة اكتشاف التركيب الداخلي للكوارك بواسطة تجارب أخري، فلن يشكل ذلك مفاجأة للفيزيائيين النظريين فهناك بالفعل مسح مبدئي لمجال التركيب الداخلي للكوارك تم إجراؤه منذ أكثر من ثلاثين عامًا. عندما اقترح كل من «سلام» Salam و «باتي» Pati أول نموذج واضح للتركيب الداخلي للكوارك. واقترحا أن الكوارك يتكون من جسيمات أولية أصغر منه. أطلقا عليها «البريونات» Preons ويوجد في الوقت الحاضر عدد من نماذج البريونات، كلها تحاول شرح خواص

الكواركات واللبتونات «الإلكترونات والنيوترينوات» وهي :

١ - توجد ثلاثة «أجيال» من الكواركات «مثل أعلي up وفتنة charmed وقمة top» .

٢ - كل جيل له «نكهتان» اثنتان Flavors «مثل أعلي وأسفل» تختلف شحناتهما الكهربائتيان.

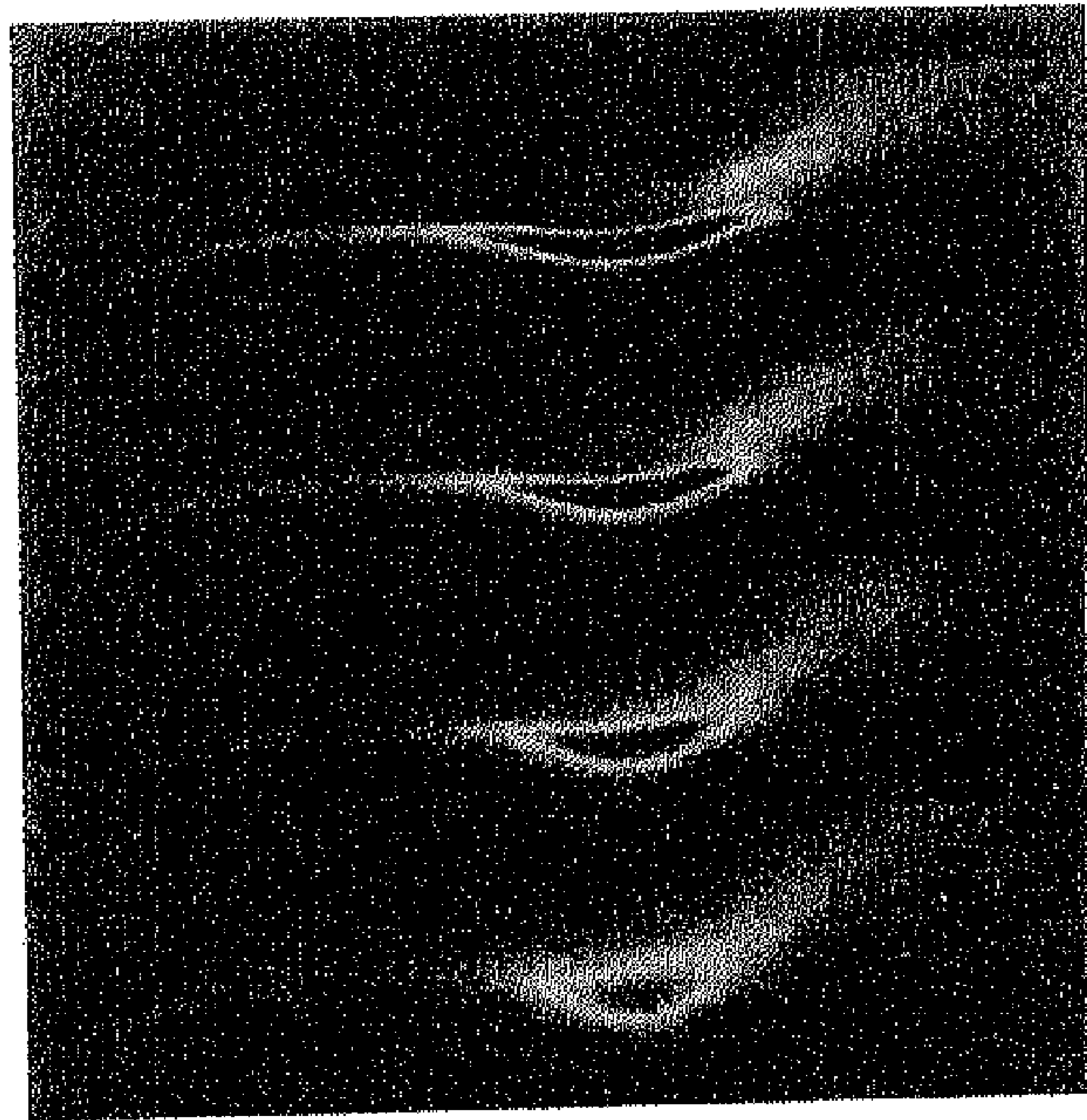
٣ - في كل «نكهة» يكون لكل كوارك «لون» من ثلاثة ألوان للقوة القوية strong force بينما يكون كل لبتون «عديم اللون» وبالإضافة إلي ذلك، لكل كوارك أو لبتون نظيره المضاد لمادته الذي له شحنة مضادة و «لون» مضاد.

وتختلف كتل الكواركات واللبتونات في مدي واسع جداً، فأخف اللبتونات «نيوترينو الإلكترون» Electron Neutrino تقترب كتلته من الصفر، وأثقل الكواركات «كوارك قمة» تصل كتلته إلي ١٨٠ جيجا إلكترون فولت Gev وإذا اعتبرنا الكواركات مختلفة الألوان هي جسيمات مختلفة عن بعضها البعض، يكون لدينا عندئذ علي وجه الإجمال ٢٤ كواركًا

ولبتونًا بالإضافة إلى ٢٤ كواركًا ولبتونًا مضادًا، ولابد من وجود تفسير لكل ذلك، وهذا ما يعكف عليه العلماء في الوقت الحاضر في مختبر فيرمي.

السيولة الفائقة.. أغرب حالات المادة!

تنتاب بعض السوائل حالة من «الجنون» عندما تقترب درجة حرارتها من الصفر المطلق (١٥, ٢٧٣ مئوية تحت الصفر) إذ أنها تتدفق إلي أعلي دون مقاومة وتنساب بلا توقف علي جوانب الأوعية الحاوية لها مهملة قوي الاحتكاك والجاذبية كما أنه بإمكان هذه السوائل التي توجد في درجات الحرارة البالغة الانخفاض أن تخترق الطوب والدوران بلا توقف في أنبوب من تلقاء نفسها دون أن تخفض من سرعتها، أنها أغرب حالات المادة والتي يطلق عليها «السيولة الفائقة» Superfluidity



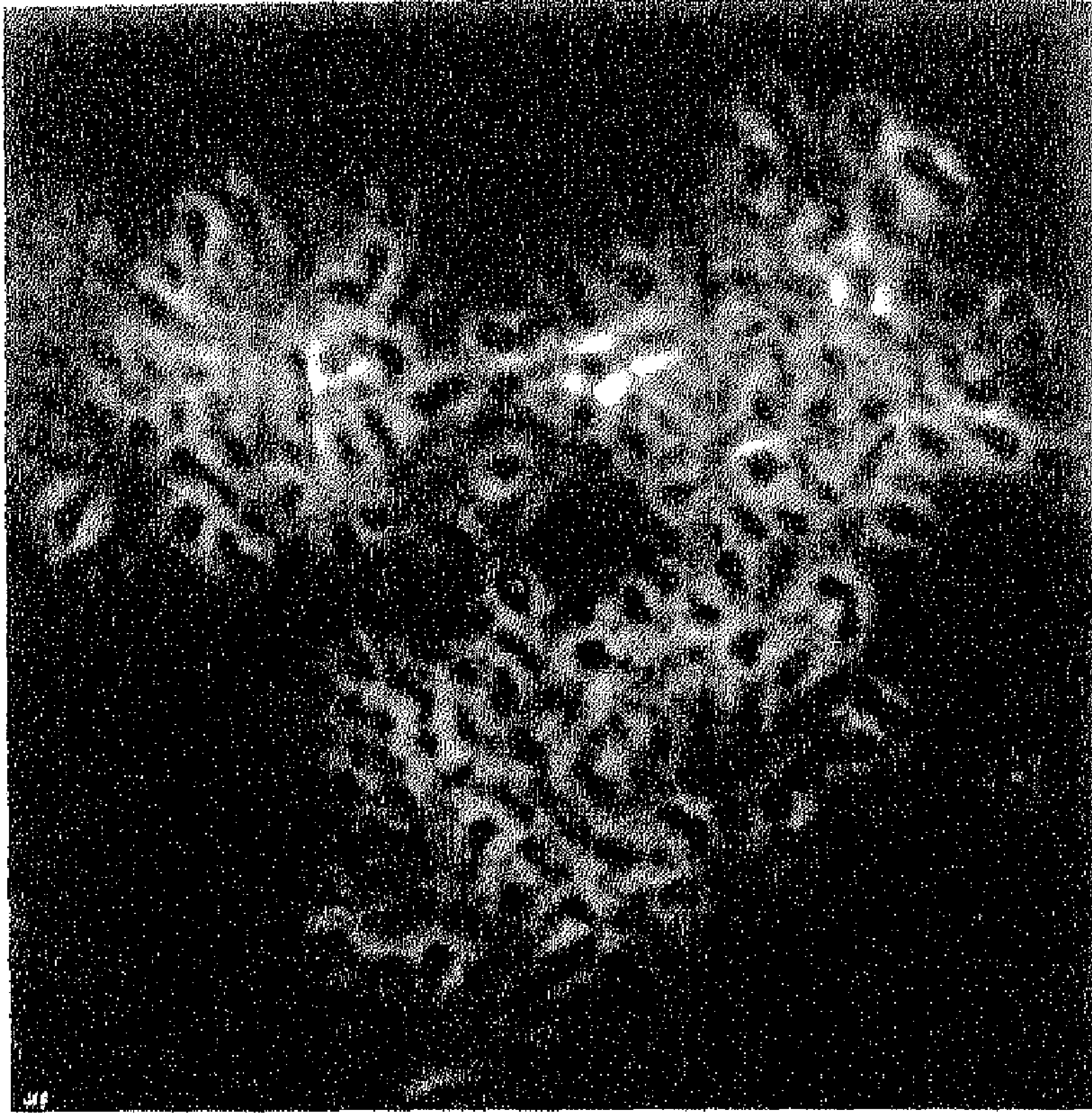
السائل... العجيب

من المعروف أن المادة توجد في ثلاث حالات صلبة وسائلة وغازية ولكن أضيفت لها حديثًا حالتان البلازما (في درجات الحرارة العالية جداً وفي حالات التأين) والمواد الفائقة الكثافة Hyperdense (كما في النجوم النيوترونية حيث تتقلص المادة في حجم صغير نسبياً وتقترب الجسيمات دون الذرية من بعضها البعض).

وتعد السيولة الفائقة هي حالة سادسة للمادة حيث تنقض كل ما نعرفه من قوانين فيزيائية أكيدة للسوائل كما أن تفسير خصائصها غير واضح تمامًا حتي الوقت الحاضر وهو يثير جدلاً وتعقيدات علي مستوي الذرة.

لقد تمكن علماء الفيزياء من تسييل - أي التحويل إلي سائل - جميع الغازات المعروفة عدا واحد : الهيليوم. فلقد قاوم هذا الغاز جميع المحاولات مما جعل البعض يعتقدأنه غاز دائم لا يمكن أن يوجد في حالة السيولة أو الصلابة ولكن في عام ١٩٠٨ تمكن العالم الهولندي (كامرلنج أونز) K. Onnes من تحويل الهيليوم إلى سائل. ويعد الهيليوم أبسط العناصر (بعد

الهيدروجين) إذ أن ذرته مكونة من نواة تحوي نيوترونين ويدور حول النواة الكترونان ،وعلي الرغم من هذه البساطة فإن الهيليوم يعتبر من أكثر العناصر غرابة عندما يحوّل إلي حالة السيولة إذ نلاحظ أن الهيليوم السائل عند درجة حرارة حوالي ٢٧١ درجة مئوية تحت الصفر يتصرف وكأنه مكون من مزيج من سائل عادي مع آخر فائق السيولة وهذا الجزء الثاني يبدو معدوم اللزوجة Viscosity ، أي أنه مثالي السيولة من الوجهة الرياضية كما أنه لا يظهر أية مقاومة أو احتكاك لحركة جسم خلاله بالإضافة إلي أنه لا يلتصق بأي جسم، وهذه الظواهر الغريبة لا يمكن أن نجدها في أي سائل عادي. وعند سريان الهيليوم السائل عبر أنابيب رفيعة مجهرية نلاحظ أنه يتحرك بحرية وبسرعة أكبر منها في أنابيب سميكة عادية وهذا مناقض للقوانين المألوفة فمن المعروف أن سريان الماء أو الزيت (الأكثر لزوجة من الماء) عبر أنابيب متناهية الصغر لا يتم إلا بمساعدة قوة ضغط علي السائل (مثل أندفاع السائل عبر أبرة الحقنة الطبية بتأثير المكبس) أما الهيليوم فيتصرف عكس ذلك.



كـمـا أن تأثير الحرارة علي الهيليوم فائق السيولة.. غريب ومحير ! إذ أن انتقال الحرارة خلاله لحظي وهائل السرعة، بعكس السوائل العادية. وتزيد سرعة انتقال الحرارة كلما كان الفرق في درجة الحرارة طفيفًا بين أجزاء السائل الفائق السيولة، وهذا مناقض لما نعرفه وما نتوقعه حيث تزيد سرعة انتقال الحرارة في المواد عادة، كلما كان الفرق في درجة الحرارة بين النقاط الساخنة والباردة كبيراً.

إذن فالهيليوم فائق السيولة فائق التوصيل للحرارة وكنتيجة لذلك فلا يمكن وضعه في حالة غليان، كما نغلي الماء في وعاء، إذ أن أي ارتفاع في درجة الحرارة في جزء منه يعمل علي نقل الحرارة نحو جميع أجزاء السائل بالتساوي فلا تحصل ظاهرة الغليان، ولكنه بالطبع يتبخر عند ارتفاع درجة حرارته، والتبخر يحدث عند السطح فقط. إن موضوع الهيليوم فائق السيولة ممتع ومثير للإنسان العادي ولعلماء الفيزياء ولكنه مثير أيضاً بالنسبة لعلماء الفلك.

الكون..والأوتار..والسيولة الفائقة

لحظة بداية الكون أو بتعبير أكثر دقة بعد تريليون تريليون تريليون جزء من الثانية (التريليون = مليون مليون) من الانفجار الأعظم Big Bang. كان الكون كله في ذلك الوقت عبارة عن كرة مضطربة وبالغة السخونة من الطاقة.

وكانت وقتئذ القوي التي نعرفها – الجاذبية والكهرمغنطيسية والقوة القوية والضعيفة التي تحكم الذرات –

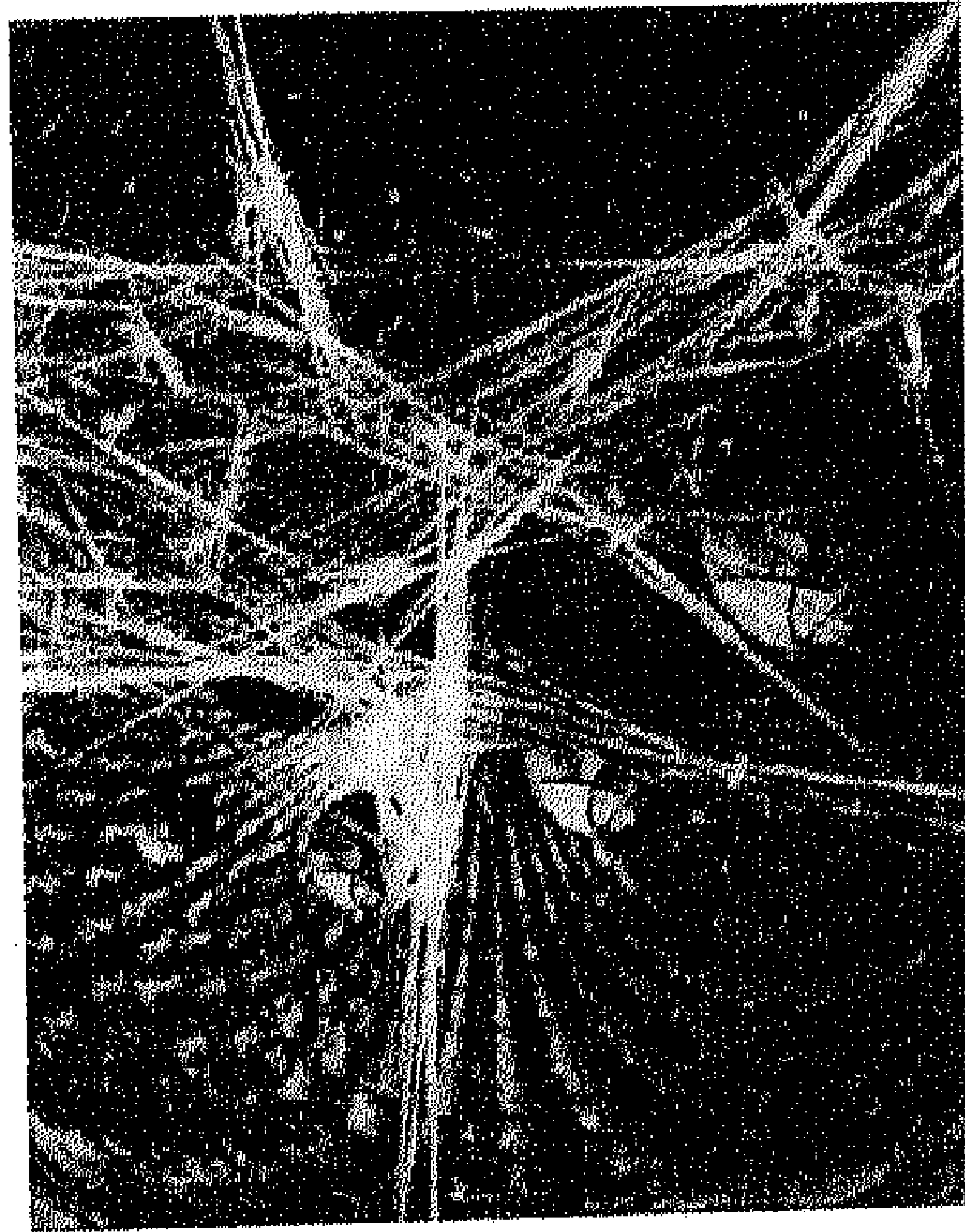
مازالت مندمجة في كيان واحد لكن فجأة تغير هذا المحيط الرهيب من الطاقة المروعة، ومثلما يتحول الماء بغتة إلى ثلج، فقد تخطي الكون درجة حرارة معينة وبدأت القوي الكونية في الانفصال والتفرق.

والمذهل حقًا أن مجموعة من الفيزيائيين يزعمون أنهم استطاعوا تهيئة هذه الظروف - التي سادت في الكون الوليد - في المختبر. وهم يعتقدون أنهم تمكنوا من محاكاة الصفات الهامة للكون حديث الولادة، في قنينة من الهيليوم السائل المبرد بشدة حتي ما يقرب من الصفر المطلق، أي أنه في حالة السيولة الفائقة. ويقول هؤلاء العلماء أن تجاربهم تحمل في طياتها سمات نظرية جديدة سوف تثير الكثير من الجدل.

وطبقًا لهذه النظرية الكونية الحديثة فعندما برد الكون ظهرت بعض العيوب Defects في نسيج الزمكان Space-time تمامًا مثلما تتكون عدة شوائب متبلرة في الماء المتجمد إلي ثلج.

وربما كانت هذه «الشوائب» الكونية - المسماة «الأوتار

الكونية» Cosmic Strings – أرفع من الذرة وطويلة بشكل لا نهائي وذات كتلة هائلة – كانت تمتد عبر الكون كله وعلي الرغم من غرابة هذه الأجسام الكونية فإنها تقدم لنا الحلول لكثير من المشاكل المحيرة التي تواجهنا عند البحث في أصل الكون وبنيته وقوانينه وبسبب الكتلة الهائلة لهذه الأوتار أمكن لمجالات جاذبيتها الجبارة أن تجذب إليها المجرات الأوليّة وبذلك شكلت الأطار للمحتوي المروّع للكون.



لكن ما هي علاقة الهيليوم السائل بكل هذا ؟

تسألني فأجيبك : عندما يبرد الهيليوم إلي أدنى درجة حرارة ممكنة علي الإطلاق – أي الصفر المطلق – فإنه يتحول فجأة إلى سائل لا يتأثر بالاحتكاك Frictionless Fluid، كما يحدث للسوائل الأخرى، وهي حالة غريبة حقًا ويسميها الفيزيائيون «السيولة الفائقة» . وعندئذ تتدفق معظم ذرات الهيليوم فائق السيولة مع بعضها البعض في تتابع قريب وفي «خطوة» موحدة ومنظمة.

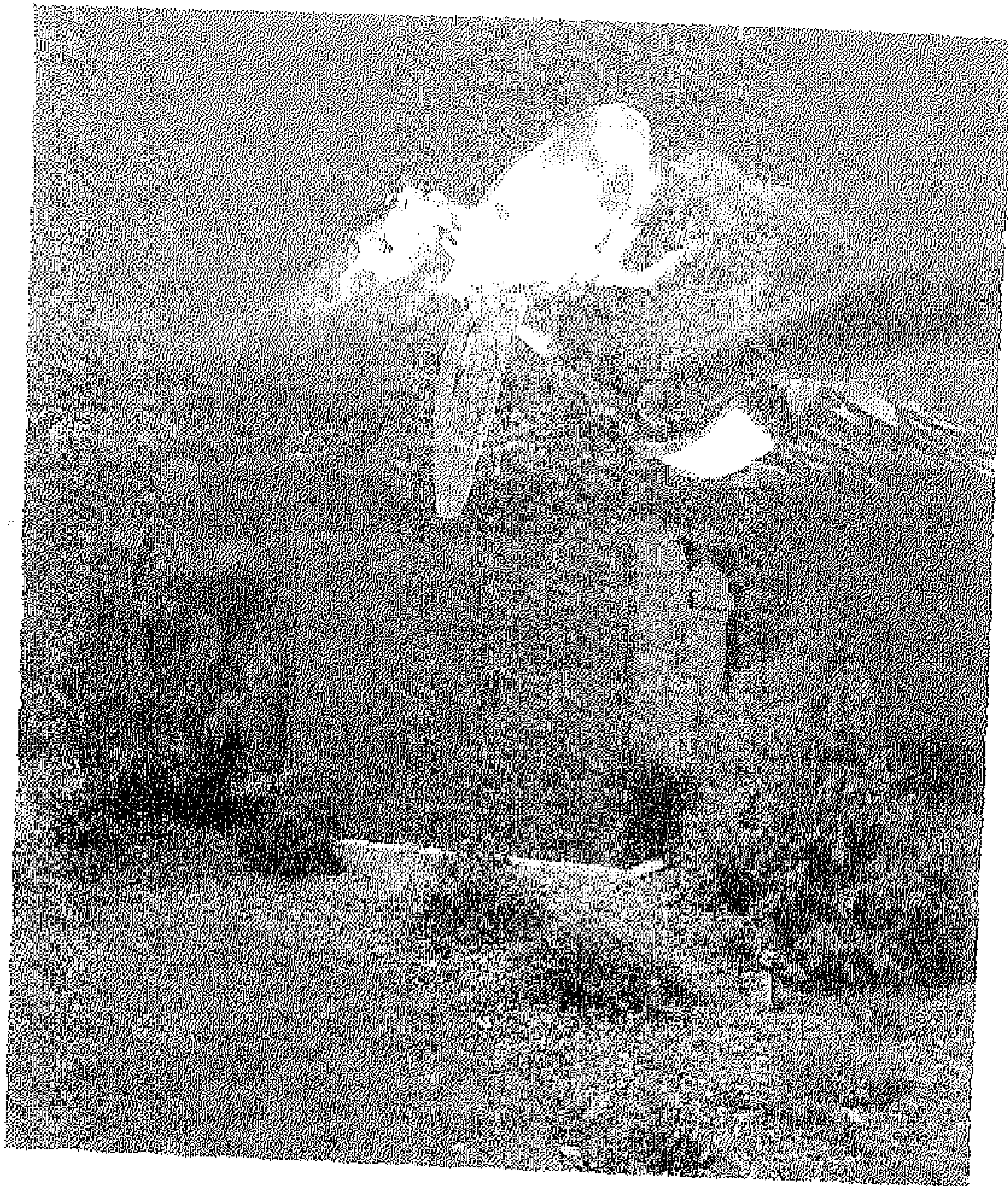
وفي هذه الحالة الغريبة فإن الهيليوم يشبه إلى حد كبير «الفراغ» vacuum في الفضاء، إذ يمكن للجسيمات دون الذرية أن تتحرك خلال الهيليوم فائق السيولة دون أن تلاقي أية مقاومة. وتتكون أحيانًا تموجات دقيقة تلقائية مثل الجسيمات الافتراضية virtual particles التي تظهر وتختفي فجأة في زمن متناهي الصغر في «فراغ» الكون.

بيد أن الأمر البالغ الأهمية هو ذلك التماثل الشديد للمعادلات الرياضية التي تفسر كلا من انتقال الهيليوم السائل

إلى حالة السيولة الفائقة وتلك التحولات التي يعتقد الفيزيائيون أنها حدثت في الكون الوليد عندما برد وكوّن الأوتار الكونية أى أنه يمكن للفيزيائيين استخدام نفس المعادلات التي تصف خلق الأوتار الكونية للتنبؤ بما سيحدث للهيليوم فائق السيولة عند تسخينه ثم تركه ليبرد مرة أخري.

والواضح أن السائل فائق السيولة بعد تسخينه سوف يخلق عدداً من الحركات الدوامية vortices ، التي يمكن تفسيرها بنفس المعادلات الرياضية التي تشرح تكوين الأوتار الكونية. فإذا ظهر العدد المتوقع مسبقاً من الدوامات فإن الرياضيات التي تفسر كلا من تكوين الأوتار الكونية والسيولة الفائقة سون تكون صحيحة ومن ثم يعد هذا تعزيزاً لصحة نظرية الأوتار الكونية.

وقد نجح بعض العلماء في اختبار صحة هذا الافتراض العلمي. كيف ؟



لقد بدأوا بتبريد أسطوانة دوّارة محتوية علي هيليوم إلي نحو ٠,٠٠١ من الدرجة المئوية فوق الصفر المطلق وهي درجة حرارة أسفل خط الانتقال من حالة السيولة العادية إلي حالة السيولة الفائقة ثم أُطلقوا نيوترونا (جسيم دون ذري متعادل الشحنة) خلال السائل فائق السيولة، عمل علي تسخين منطقة تبلغ نحو

٠,٠٠١ من السنتيمتر بطاقة تكفي بالضبط لتغييرها إلى سائل عادي لفترة تقدر بحوالي واحد من مليون من الثانية. وعند تبريد هذه المنطقة مرة أخري إلى حالة السيولة الفائقة تكونت الدوامات الدقيقة وعملت الأسطوانة الدوّارة علي تقوية الدوامات والمحافظة عليها لفترة طويلة تكفي لتحديد مكانها بواسطة جهاز كاشف مغنطيسي Magnetic Detector ووجد الفيزيائيون أن أطلاق نيوترون واحد ينشئ عدداً من الدوامات يصل إلي نحو عشرين دوامة، وهو عدد يتفق تماماً مع توقعات الافتراض العلمي بوجود علاقة بين تكوين الأوتار الكونية والسيولة الفائقة.

وهكذا ثبت أن الهيليوم فائق السيولة - الذي أجري الباحثون عليه تجاربهم - نموذج جيد للكون المبكر، مما حدا بالعلماء إل البحث في مشاكل كونية عميقة أخري بدءاً من مصدر الجاذبية حتي ندرة وجود مادة المضادة Anti Matter وهي أمور كونية غامضة تقع في بؤرة الاهتمام العلمي في الحاضر والمستقبل.

ميكانيكا الكم .. وأشباه الجسيمات

لعل الفيزيائيين يتمكنون قريبًا من «صنع» ثقب أسود في المختبر، بعد أن أظهرت لهم المعادلات الرياضية أن شعاعًا من الضوء يبطئ حتى تتوقف سرعته تمامًا في أحد الغازات، وأنه سوف ينتج «تفرد» مماثل لأفق الثقب الأسود. وسوف تكون أزواج الفوتونات المنطلقة من الغاز مشابهة لإشعاع «هوكنج»، الذي يعتقد أنه ينطلق من الثقوب السوداء، ولكن لم يشاهده أو يرصده أحد حتي وقتنا هذا.

لكن المخططات الي تم اقتراحها لخلق ثقوب سوداء اصطناعية، سوف تواجهها عقبة «تأثير دوبلر» التي تنشأ من الوسط المتحرك. وسبب هذه المشكلة أن الضوء لا يمكن إبطاؤه، إلا في مدي ضيق جداً من الترددات.

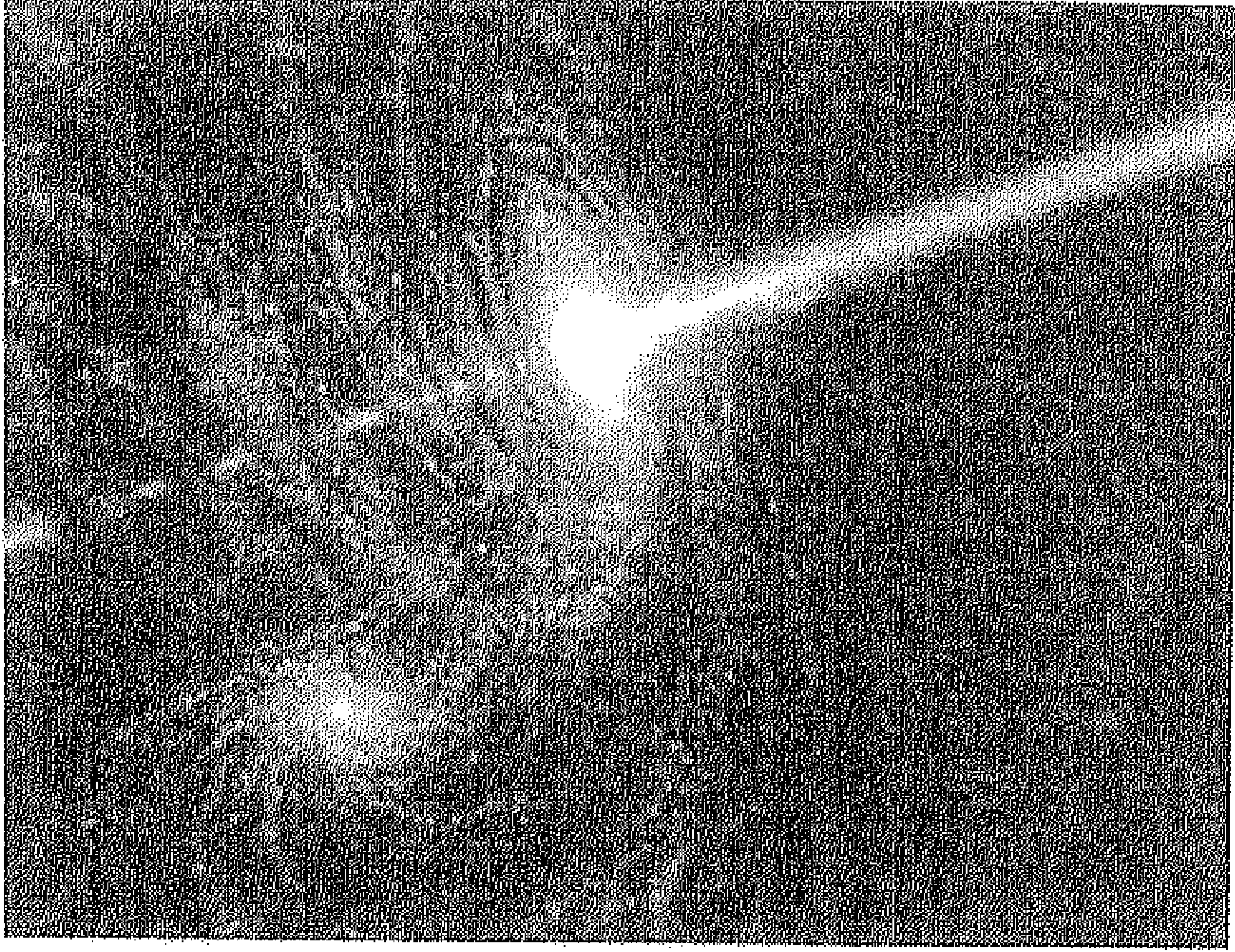
وحل العلماء هذه المشكلة بالتفكير في ثقب أسود بدون أجزاء متحركة، حيث يؤدي شعاع من الليزر الخصائص البصرية للوسط – الذي يكون إما غاز فائق البرودة أو بلورة – بغية السماح بنقل شعاع ضوء ثان يسمي «شعاع استكشاف».

يتم توجيه شعاع الاستكشاف بامتداد طول الوسط بينما يضيء الشعاع الأول الأقوي - المسمي «شعاع الضبط» طول العينة من أعلي. وفي هذا الجهاز تتناسب سرعة مجموعة شعاع الاستكشاف مع شدة شعاع الضبط.

قلوب الظلام.. والجسيمات الافتراضية

تتكون الثقوب السوداء عندما تتقوض النجوم الضخمة علي أنفسها في نهاية حياتها، منتجة نقطاً ذات قوة جذب مروّعة لدرجة أن لاشئ - ولا حتي الضوء - يمكن أن يهرب من قبضتها الجبارة. وعند حافة الثقب الأسود - أي «أفق الحدث» يبطئ الضوء من سرعته ويستطيل بينما يتباطأ مرور الزمن حتى يتوقف تماماً، وذلك حسب تنبؤات النظرية النسبية.

واللافت للنظر أن الثقوب السوداء لها خواص رائعة في مجال ميكانيكا الكم وأيضًا النسبية، وأوضح هذا «ستيفن هوكنج» من جامعة كمبريدج، أن الثقوب السوداء يجب ألا تكون «سوداء» بالمرة، وإنما يجب أن تتوهج أو تتألق !



وسبب ذلك أنه تبعًا لمبدأ اللا يقين، فإن هناك عقيدة هامة لميكانيكا الكم، هي أن الفضاء «الخالي» ليس خاليًا تمامًا كما يعتقد الكثيرون. إذ أن «أزواج» الجسيمات «الافتراضية» – التي تتكون من جسيم ونظيره المادي المضاد له – تظهر «فجأة» وعادة تختفي مرة أخري فجأة خلال فترة زمنية فائقة الصغر.

لكن الثقب الأسود يمكنه أن يفصل الجسمين عن بعضهما البعض عن طريق «ابتلاع» الجسيم أو مضاده إلي داخله، والجسيم الباقي يصبح محرومًا من شريكه. وبالتالي لا يمكنه الاصطدام به والتحول إلى إشعاع كهرمغنطيسي. ومن ثم الاختفاء. ولهذا يصبح هذا الجسيم «حقيقيًا» والطاقة اللازمة لإكسابه وجوده «الحقيقي» تأتي من الثقب الأسود ! ولكن – لسوء الحظ – فإن هذه الظاهرة المسماه «إشعاع هوكنج» ضعيفة جدًا بحيث يحجبها الإشعاع المحيط المتخلف من الأنفجار الأعظم. وعلى الأقل هذا هو تفسير الفيزيائيين لحقيقة عدم الكشف عنه أبدًا حتي الآن.

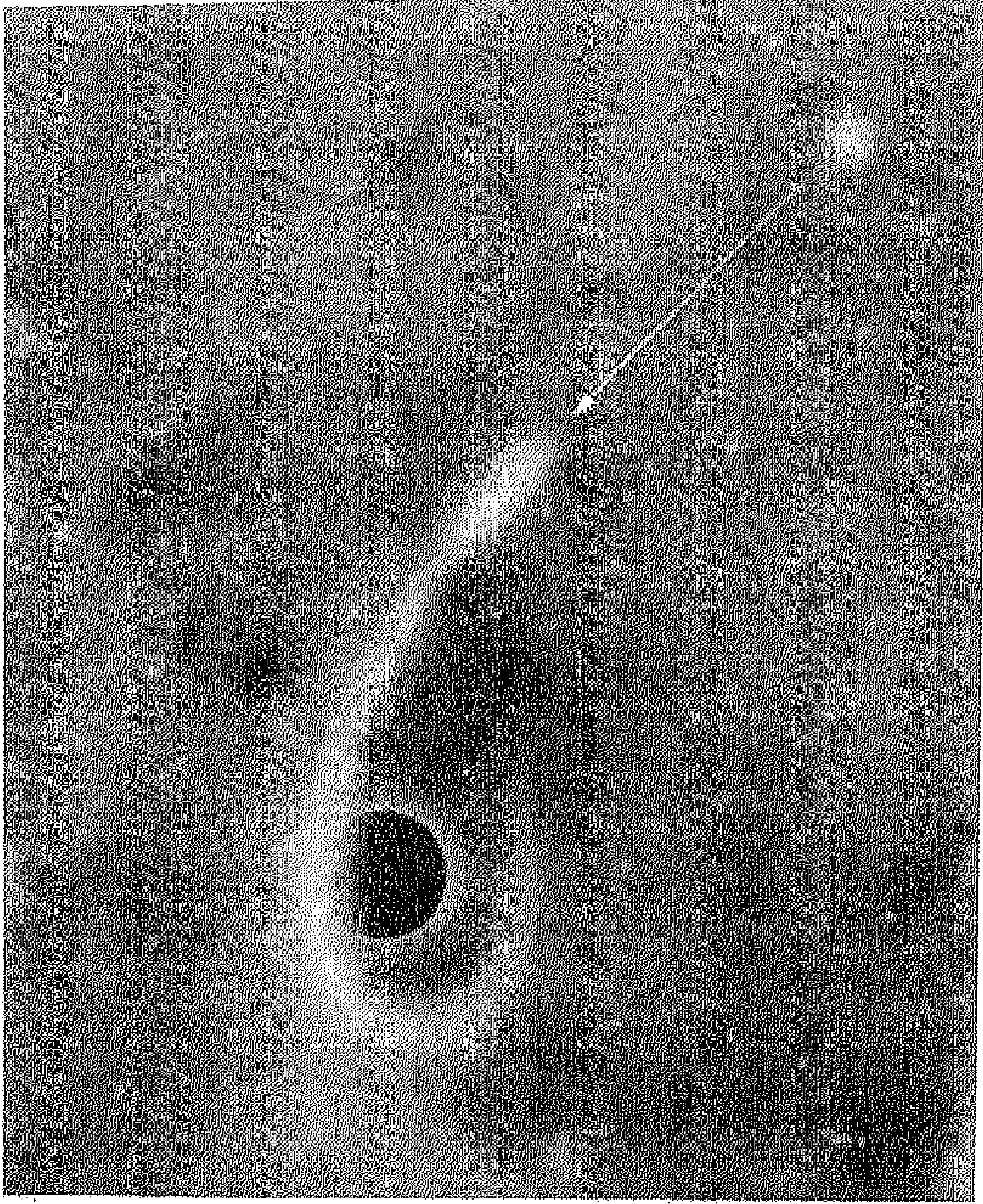
والضوء المار خلال كتلة باردة لزجة من الذرات. المعروف بإسم «متكثف بوز – اينشتاين» Bose-Einstein Condensate، يجب أن يتصرف مثل ثقب أسود، بل وينتج إشعاعًا مماثلاً لذلك الذي تنبأ به هوكنج. وفي الوقت الحاضر يمكن أن تسمع حفيف متكثف بوز – اينشتاين في أي مختبر ضخم ولديه الأجهزة الضرورية لتبريد المواد إلى أجزاء من ملايين الأجزاء من

الدرجة الواحدة من الصفر المطلق، وعلي ذلك فمن الممكن اختبار صحة هذه النظرية.



وطبقًا لنظرية الكم، يمكن أن نفكر في الذرات – مثل أي جسم أخر في الكون – باعتبارها موجات أو جسيمات وعندما تبرد تلك الموجات بدرجة كافية، فإنها تنتشر إلى الخارج وتتراكب علي بعضها بعضًا وتندمج ذاتيًا مكونة جسمًا واحداً، بعبارة أخري تكوّن متكثف بوز – اينشتاين. وباستخدام أشعة الليزر، يمكن التحكم في درجة شفافية هذا المتكثف وجعله صلداً، بحيث لا ينفذ منه الضوء بطول موجي معين، وفي مثل هذا الوسط يمكن للضوء أن يتوقف تمامًا، ويزعم العلماء أن الحد الذي يتوقف عنده الضوء، سوف يشبه «أفق الحدث» للثقب الأسود (أي حافته أو نقطة اتصاله بالعالم الخارجي)، إذا تم ضبط نبضة الضوء المار خلال المتكثف بحيث يتخذ شكل منحني يسمي «القطع المكافئ».

ومن الناحية الرياضية تكون قمة القطع المكافئ عبارة عن «تفرد». والضوء بترددات معينة لن يستطيع الهرب من تلك الذرة، وفي نفس الوقت، إذا كان هوكنج علي صواب، فسوف تتولد أزواج الفوتونات (جسيمات الضوء)، علي كلا جانبي الذرة، كما يحدث تمامًا عند أفق حدث الثقب الأسود.



السكون التام.. داخل القبر الفضائى

فكرة الثقب الأسود الاصطناعي، فكرة جيدة. لكن هذا الثقب لن يستطيع أن يعيد سوي ترددات معينة للضوء. بينما الثقب الأسود الفضائي الحقيقي، يمكنه أن يلتهم الضوء بكل تردداته.

وقد اقترح أحد العلماء منذ نحو عشرين عامًا، نوعًا من الثقوب السوداء الإصطناعية التي لديها القدرة على ابتلاع كل شئ، وذكر أن موجات الصوت في أى سائل متدفق بسرعة أكبر من سرعة الصوت، سوف يتم حجزها داخل التيار. وعلي ذلك يصبح هذا التيار هو المكافئ الصوتي للثقب الأسود، أي ما يمكن أن نسميه «الثقب الأبكم» وعلي ذلك يجب أن يحدث النوع الصوتي من «إشعاع هوكنج» عند حافة هذا الثقب الأبكم.

وهناك تشابه ثالث مع الثقوب السوداء جاء من نوع من الهيليوم يسمي (الهيليوم ٣) فعند تبريد هذه المادة إلى درجات حرارة منخفضة للغاية، فإها تنساب دون حدوث أي احتكاك.

ومنذ أربعة أعوام مضت، تمكن بعض الباحثين من طرح فكرة أن هذا المائع «فائق السيولة» يمكن معالجته بحيث يتصرف كثقب أسود، وذلك بإضافة أنواع مخلفة من الموجات فعلي سبيل المثال يمكن أن يتصرف نوع خاص من الموجات يسمي «سوليتون» مثل أفق الحدث عندما يمر خلال (الهيليوم ٣).

ويمكن لهذا السوليتون أن يصطاد الأشياء المسماة «أشباه الجسيمات» داخل حدوده، ثم يشع المزيد من أشباه الجسبمات بطريقة مشابهة لإشعاع هوكنج. وكما يوحي الإسم فإن «أشباه الجسيمات» ليست جسيمات حقيقية، لكنها حقيقية بما يكفي للكشف عنها، فهي حالة من الإثارة التي استقرت لبعض ذرات الهيليوم، بحيث تتصرف بشكل يشابه الجسيمات الحقيقية، ومن ثم يمكن الكشف عنها.



وحتي الآن فإن كل تلك الأفكار الثلاثة تظل مجرد أفكار. لكن بلا شك فإن أول فيزيائي يمكنه أن يثبت لنا أن إشعاع هوكنج موجود بالفعل، سوف يطلب منه أن يسافر إلى ستوكهولم بالسويد، لاستلام جائزة «نوبل» في الفيزياء التي تنتظره ! كذلك سوف يكون ذلك تعزيزاً لموقف هوكنج الذي احتفل منذ وقت قريب بعيد ميلاده الستين، متحدياً إعاقته البدنية والعضلية الهائلة التي يعاني منها.

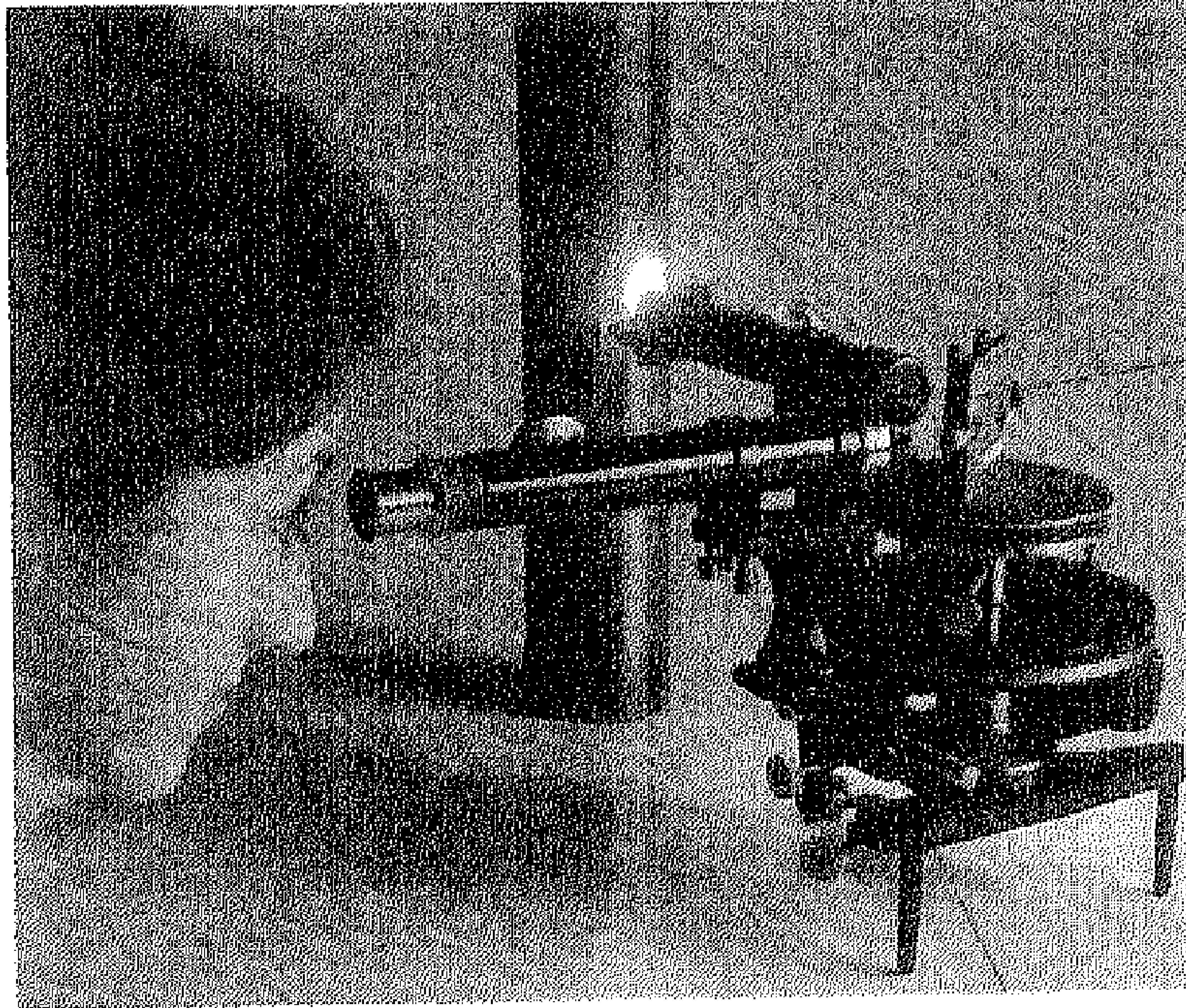
الطيف..والترددات الموجية

كانت طبيعة الضوء سرًا من الأسرار بالنسبة للفلكيين القدماء، حتى جاء السير اسحق نيوتن واكتشف فى عام ١٦٦٦م أن شعاعًا أبيض من الشمس، يتحلل إلى عدة ألوان تكوّن «قوس قزح». ولاشك أننا جميعًا نعرف قوس قزح الذي يتراءى بعد سقوط الأمطار وسطوع الشمس ، ذا الألوان الزاهية التى تتدرج من الأحمر إلى البرتقالى فالأصفر فالأخضر فالأزرق فالنيلى ثم البنفسجى.

ولقد تمكّن نيوتن من إحداث قوس قزح فى مختبره، بأن مرر شعاعًا ضوئيًا فى منشور زجاجى، فخرج الضوء وقد تفرق إلى هذه الألوان، وتسمى مجموعة الألوان التى يتفرق إليها الضوء بالطيف المرئى visible spectrum ويفسر حدوث هذا الطيف بأن الضوء القادم من الشمس مثلاِ أو من أى مصدر ضوئى آخر فى الكون، يتكون من موجات ذات ترددات مختلفة، والترددات هى عدد الذبابات الحادثة فى الثانية الواحدة. وتسير هذه الترددات

بسرعة واحدة فى الفضاء، ولكن تختلف سرعة كل منها عن الأخرى عندما تمر فى وسط أكثف من الهواء، فتنكسر وتخرج فى مجموعات طبقاً لتردداتها، وتردد الموجة هو فى الحقيقة الذى يحدث فى العين الإحساس بالألوان. وقد استخدم علماء الفلك هذا الطيف لسبر غور النجوم واكتشاف أسرارها.

لقد تطورت طرق قياس الطول الموجى، ومن ثم الترددات للأضواء المنبعثة من المصادر المختلفة، بواسطة جهاز المطياف أو جهاز التحليل الطيفى spectroscope .



فقد وجد أن العناصر عندما تتوهج وهى فى حالتها الغازية، تبعث إشعاعات تتركب من مجموعات محددة من الترددات مميزة لها، ولكل عنصر تردداته الخاصة به، وقد هيأت هذه الظاهرة طريقة سهلة ودقيقة للتعرف علي النجوم، التى نجهل تركيبها والتى تبعد عنا مسافات شاسعة فى الفضاء، فالضوء ليس «سفيراً» ينقل لنا الصورة العامة للأشياء – كما نتوقع منه – فحسب بل إنه ينقل إلينا أيضاً تفصيلات تركيبها وحركاتها.

وقد لاحظ العالم الألمانى «فراونهوفر» عام ١٨١٤م، أن ثمة خطوطاً سوداء فى طيف الشمس، واتضح له أن معنى هذه الخطوط هو أن عناصر معينة فى جو الشمس، قد أمتصت الضوء من الطيف ومن ثم ظهرت هذه الخطوط السوداء، وبتحديد مواقع تلك الخطوط من الطيف كله، أمكن تعيين الأطوال الموجية للأضواء التى اختفت من طيف ضوء الشمس أثناء رحلته من سطحها إلى الأرض، ووجد «فراونهوفر» أنها مطابقة للإطوال الموجية للأضواء التى تبعث بها أبخرة عناصر من تلك المعروفة على الأرض، وبذلك أمكن معرفة العناصر الموجودة فى جو

الشمس. وهكذا، وللمرة الأولى لم تعد النجوم مجرد نقط صغيرة متوهجة من الضوء، بل أجرامًا سماوية لها مميزاتها التى تنفرد بها، ومع ازدياد كفاءة الأدوات المستخدمة فى تحليل الضوء أصبح علم التحليل الطيفى فرعًا لا غنى عنه من فروع الفلك، وقد بنيت على اكتشافات هذا الفرع، العديد من النظريات الحديثة عن الكون.

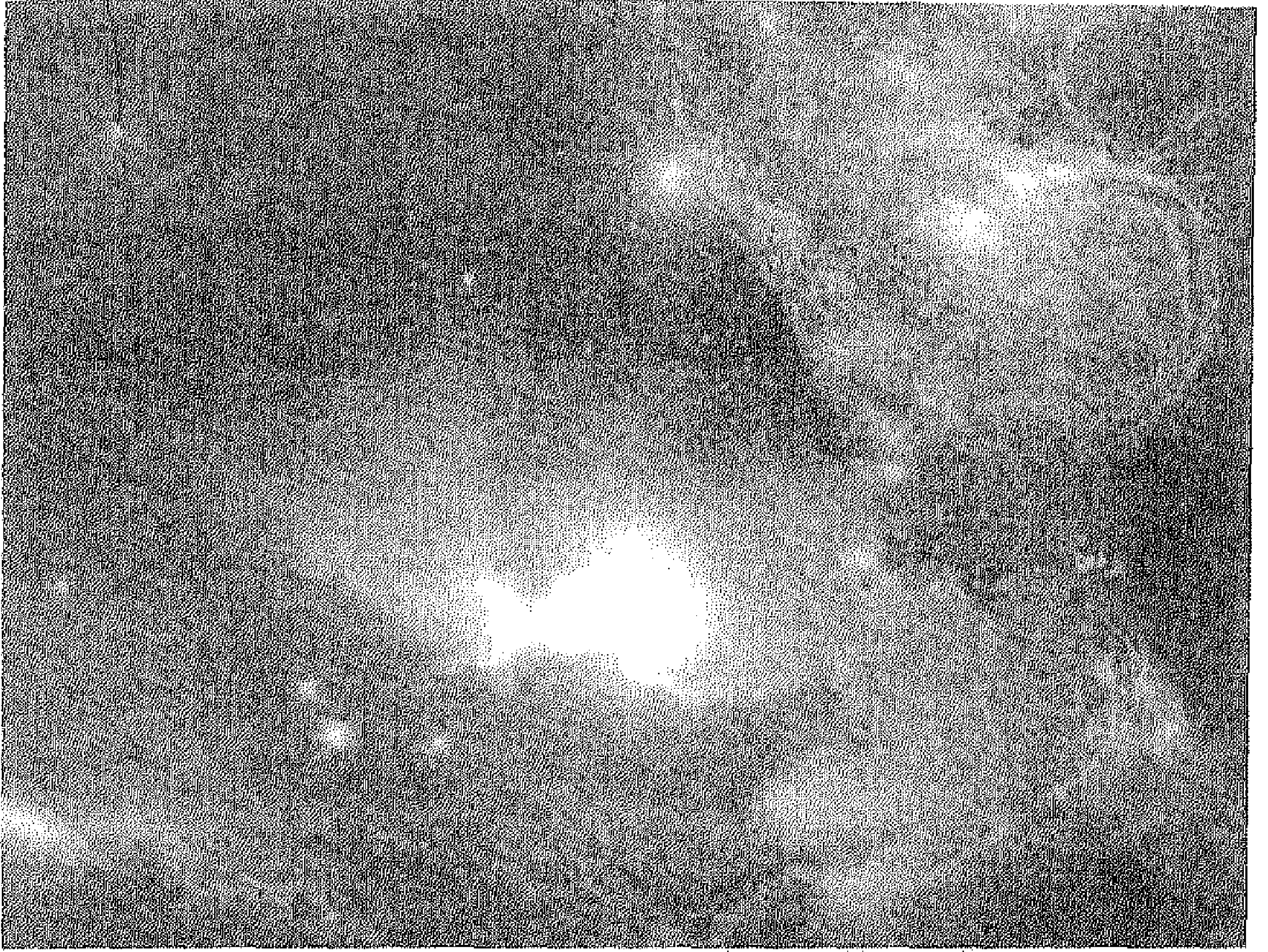
ومن دراسات أطياف الأضواء الصادرة من المجرات والنجوم وغيرها، أستطاع علماء الفلك أن يتبينوا أنها تحوى نفس العناصر المعروفة لنا على الأرض كالحديد والكالسيوم والماغنسيوم والأكسوجين والهيدروجين والصوديوم... الخ.

«هابل»... واكتشافاته المذهلة

إن تطور مفاهيم الإنسان عن الكون قد حدث ببطء شديد خلال تتابع السنين، كان كالطفل يتعثر فى خطاه، والدرس كان عسيرًا فالفضاء يكشف عن أسراره بتقتير شديد، فلا يزال المعروف عن النجوم أقل بكثير مما يرغب العلماء، ومهما يكن

الغموض الذى جابه علماء الفلك، فهناك أجسام كونية غريبة مازالت تحيرهم أكثر من غيرها، مثل الثقوب السوداء والبيضاء والكوازرات، وظواهر مثيرة مذهلة مثل الجاذبية الكمية والجسيمات التقديرية. وعندما قام علماء الفلك - أثناء دراستهم للكون - بتحليل أضواء المجرات المجاورة لنا نسبيًا، وجدوا أن لها أطياف أمتصاص أى مجموعات من الخطوط السوداء (خطوط فراونهوفر) Fraunhofer Lines الناجمة عن مختلف العناصر التى تحتويها وكانت هذه الأطياف شبيهة بأطياف الشمس والنجوم القريبة، وهذا يدل على انتظام وتجانس أكيد فى المادة، ليس على مستوى المجرات فحسب بل بالنسبة للكون كله.

فى عام ١٩٢٩ لاحظ العالم الفيزيائى الأمريكى «أدوين هابل» أمرًا عجبًا، فقد ظهرت له خطوط أطياف المجرات البعيدة منزاحة نحو اللون الأحمر من الطيف، بشكل منظم ودائم، وكذلك ازدادت كل أطوال موجات الإشعاعات، وكانت هذه الزيادة أكبر كلما كان بُعْد المجرة عنها أكثر.



وقام العالم «هابل» بدراسة أكثر من مائة وخمسين مجرة، وتبين له أن ثمة قانونًا يمكن استنباطه من هذه الدراسة وهو أن إزاحة خطوط الطيف نحو اللون الأحمر يتناسب طرديًا مع بُعْد المجرة واتضح العلماء أنه كما تنخفض طبقة الصوت عندما يبتعد مصدره، كذلك ينبغى تفسير إزاحة الخطوط الطيفية نحو الموجات الطويلة (الأحمر) بأن المصدر (أى المجرة) تبتعد عنا.

إن معظم معلوماتنا عن الأجسام الفضائية، أمكن الحصول عليها من تحليل الضوء، والأشكال الأخرى للإشعاعات الكهرمغنطيسية Electromagnetic (التى تنتج من تفاعل الجسيمات المشحونة - غالبًا الكترونات - مع المجالات المغناطيسية فى الفضاء، ومن ثم فهى تحتوى على مجالات مغناطيسية وكهربية) مثل موجات الراديو والأشعة السينية والأشعة تحت الحمراء... الخ، وإذا كان الضوء هو أساس الكثير من الدراسات الفلكية فما هى طبيعة الضوء ؟

الإشعاعات..الكهرمغنطيسية

إن الضوء هو شكل من أشكال الطاقة Energy وجزء من الأشعة الكهرمغنطيسية، ويتكون من وحدات يطلق عليها «الفوتونات» Photons وكل منها تحتوى على نبضة طاقة. وتختلف كمية الطاقة حسب طبيعة الفوتون، فالفوتون الخاص بالأشعة السينية له من الطاقة ما يساوى تريليون (مليون مليون) مرة قدر فوتون الموجات الراديوية. ويمكن النظر إلى الإشعاع على أن يتكون من وحدات فردية يطلق عليها «كم» Quantum وإذا

ما تجمّع عدد كاف منها، فإنها ترتب نفسها فى شكل موجى. وموجة كل نمط من الإشعاعات لها طول خاص بها، ومن ثم فإننا نتعرف على الإشعاع بأطوال موجاته، فعلى سبيل المثال، الإشعاعات ذات الموجات الطويلة (من بضعة آلاف من الأمتار إلى نحو عشرة سنتيمترات) هى الموجات الراديوية Radio Waves، أما الإشعاعات التى تبلغ أطوال موجاتها (من عشر سنتيمترات إلى ثمانية أجزاء من مائة ألف جزء من السنتيمتر) هى الأشعة تحت الحمراء أى الأشعة الحرارية Jnfrared، والأشعة التى تلى ذلك (من ثمانية من مائة ألف إلى أربعة من مائة ألف من السنتيمتر) هى الضوء المرئى Visible Light وتشمل الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet تلك الأشعاعات التى تبلغ أطوال موجاتها (من أربعة من مائة ألف إلى واحد من مليون من السنتيمتر) ويأتى بعد ذلك مدى الأشعة السينية أو أشعة إكس X Rays (من واحد من مليون إلى واحد من ألف مليون من السنتيمتر)، والأشعة التالية لذلك فى قصر الموجة هى المعروفة باسم أشعة جاما Gamma Rays (وتقل طول موجاتها عن واحد من ألف مليون من السنتيمتر).

ومما هو جدير بالملاحظة أن طول الموجة، يتناسب عكسياً مع ترددها، أى أن الموجات ذات التردد العالى تكون أطوالها قصيرة والعكس صحيح. كما أنه كلما قصر طول الموجة، زاد نشاط وحداتها (أى الفوتونات)، وهذا هو السبب فى أن أشعة جاما والأشعة السينية وحتى الأشعة فوق البنفسجية شديدة الإتلاف لأنسجة الكائنات الحية فى حين أن الأشعة الراديوية (طويلة الموجة) لا تؤذيها إطلاقاً.



«دوبلر».. وسرعات المجرات والنجوم

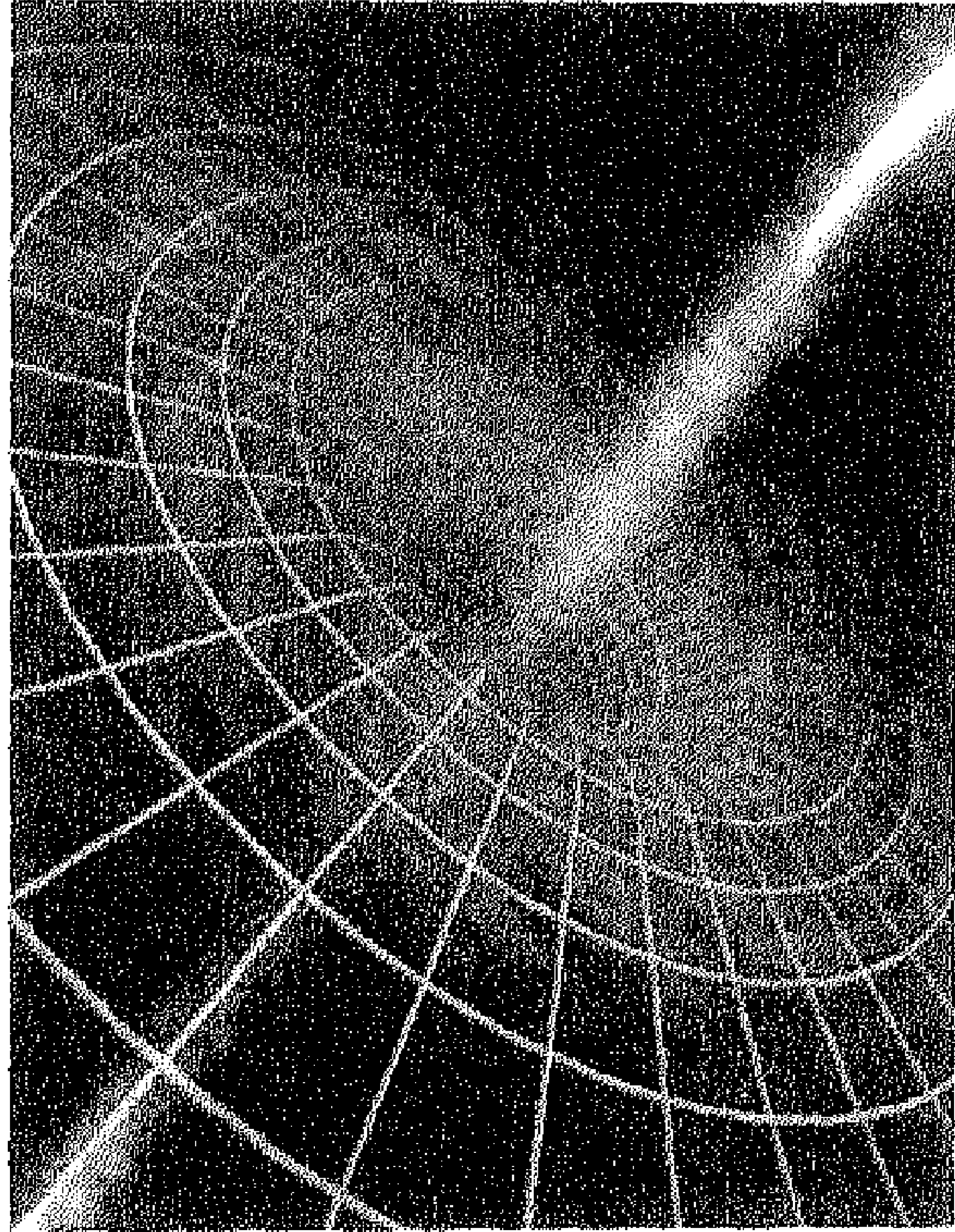
وكما أن دراسة الطيف كانت وسيلة علماء الفلك لمعرفة العناصر التى تكون النجوم، فكذلك كان الطيف وسيلتهم لقياس سرعة حركة النجوم، ولقد لعبت ظاهرة طبيعية يطلق عليها ظاهرة «دوبلر» Doppler دوراً رئيسياً فى هذا المضمار.

وظاهرة «دوبلر» كما يطلق عليها أحياناً نشأت عندما لاحظ هذا العالم، أن الموجات الصوتية تزداد حدتها إذا كانت صادرة من جسم يتحرك نحو الراصد، بينما تخفت إذا كانت الموجات صادرة من جسم يتحرك بعيداً عنه. ومعنى ذلك عمليًا أن الموجات الصادرة من جسم متحرك تقصر فتزداد حدتها، إذا كانت مقتربة، وعلى العكس تطول موجاته وتخفت حدتها إذا كانت مبتعدة. وحيث إن الضوء ينتشر فى موجات تشبه موجات الصوت فى كثير من الخواص. والضوء الذى ينطلق له طول موجي معين، وطول الموجة فى الضوء يناظر الطبقة فى الصوت، وطبقة الضوء هى تماماً ما نقصده باللون. وقد لوحظ أن الذرات التى يعتريها نفس التغير فى الوضع، تصدر ضوءاً من نفس اللون

ويصف العلماء هذا الحدث بقولهم إن الذرات تصدر خطاً طيفياً Sopectral Line.

وعندما تكون الذرات التى تصدر الضوء متحركة فإن لون الضوء الذى نستقبله منها يتغير تبعًا لاتجاه الحركة، فإذا كانت تلك الذرات متجهة نحو الراصد، فإن طبقة الضوء ترتفع أى تزداد فى طول موجاتها، أى تنزاح نحو اللون البنفسجى من الطيف تماماً كما يرتفع صوت القطار عندما يكون مقتربًا منا. وبالعكس تنخفض طبقة الضوء أى تزداد موجاتها طولاً أى تنزاح نحو اللون الأحمر، عندما تكون الذرات مبتعدة عن الراصد، وليس الأمر مقصوراً على ذلك، بل أن الدرجة التى ترتفع بها الطبقة أو تنخفض تتوقف على السرعة التى تتحرك بها الذرات نحو الراصد أو بعيداً عنه، فكلما زادت السرعة زادت الإزاحة فى الطيف. وهذا يفسر الطريقة التى يستخدمها علماء الفلك لتقدير سرعات النجوم والمجرات فى الكون، إذ إن قياس خطوط الطيف التى يستقبلها الراصد من المادة الموجودة بجو النجم أو السديم، تمكّن الراصد من معرفة ما إذا كان قد حدث تغير فى الدرجة وإلى أى مدى. ومن قياس الإزاحة نستطيع بسهولة تقدير

السرعة التى يتحرك بها النجم أو المجرة أو السديم. وعندما شاهد علماء الفلك أطيافًا مختلفة للنجوم، لاحظوا تغير مواضع خطوط الطيف عليها مما يدل على تحركها، فاستدلوا من ذلك على اتجاه حركة النجوم باستخدام نظرية «دوبلر» وبمقارنة تحركات الخطوط فى الطيف لنجم معين أو لمجرة محددة أو لسديم شارد، مع طيف آخر معروف تحركه وسرعته، يمكن تقدير سرعة النجم المتحرك أو المجرة السابحة فى الفضاء أو السديم المنطلق.



إن دراسة الطيف - خاصة بالأجهزة الرقمية البالغة الدقة التى على متن الأقمار الاصطناعية والمركبات الفضائية - سوف تساعد فى المستقبل القريب على سير غور الأجرام الفضائية الغامضة مثل الكوازرات، لكن نكتشف بعض أسرار الكون، ومن ثم نستسلم تمامًا فى خشوع وإيمان لذلك النظام والتنسيق الإلهى المتكامل.

رحلة مذهلة.. في قلب المادة

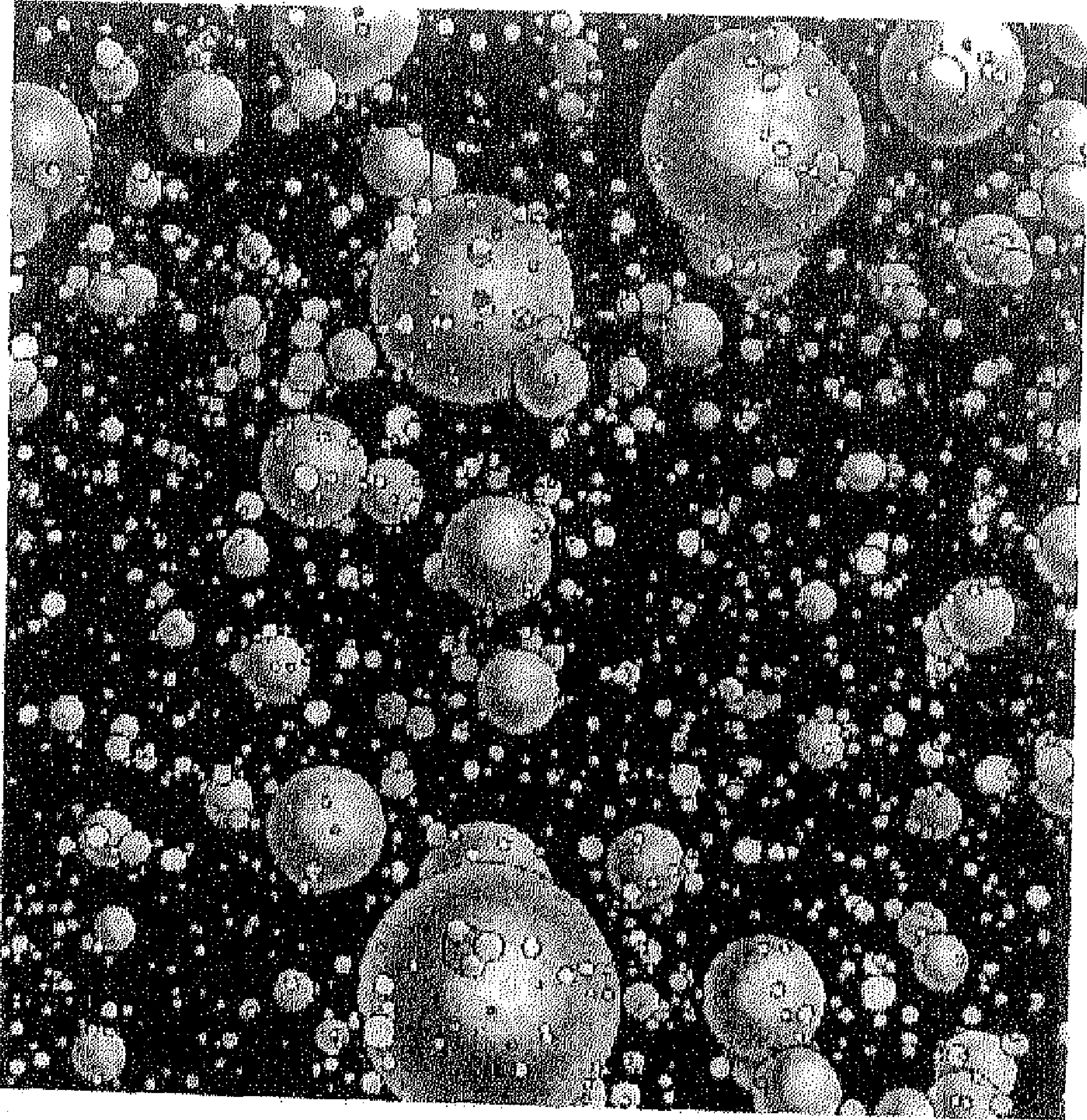
اليوم يعرف فيزيائيو الجسيمات Particles أن هناك أسرتين من الجسيمات دون الذرية تبنى منها المادة، هما أسرة الكواركات Quarks وأسرة اللبتونات Leptons «التى تنتمى إليها الإلكترونات Electrons» وهناك ستة أعضاء فى كل أسرة أى ستة أنواع من الكواركات : أسفل وأعلى وغريب وفتنة وقاع وقمة.

وستة أنواع من اللبتونات : الإلكترون ونيوترينو الإلكترون والميون ونيوترينو الميون والتاو ونيوترينو التاو.

ويكفى نوعان فقط من الكواركات، هما الكوارك أعلى Up والكوارك أسفل Down لبناء البروتون والنيوترون ولكن يلزم – على ما يبدو – أربعة أنواع أخرى لبناء الجسيمات الغريبة Exotic القصيرة الحياة الموجودة فى الأشعة الكونية وكذلك فى التجارب التى تدرس اصطدام الجسيمات العالية الطاقة.

وتختلف الكواركات تمامًا عن اللبتونات، والفرق الرئيسى

هو أن الكواركات تخضع لقوة أساسية تسمى «القوة القوية» Strong Force لا تشعر بها اللبتونات. وتربط القوة القوية الكواركات معاً داخل جسيمات دون ذرية أعقد منها كالبروتون، فتصبح الكواركات بذلك جزءاً من عالم يفور بالنشاط ويزخر بالتعقيد المدهش.



الكواركات والجلونات... وجهًا لوجه

لم يمر وقت طويل منذ احتفل علماء الفيزياء باكتشاف الكوارك «قمة» Top ، آخر القائمة التى تضم الجسيمات الأولية المراوغة فى النموذج القياسى Standard Model الذى طرحوه للمادة، والآن أعلن نفس الفريق العلمى الذى اكتشف الكوارك «قمة» نتائج تجريبية، لو تحققت صحتها، فإنها قد تعنى أن بحث الفيزيائيين الدءوب عن فهم شامل للمادة لم يكتمل بعد، فهناك احتمال أن يكون الكوارك نفسه مكونًا من جسيمات أصغر، ولعل تلك التجربة تعنى بدء الفيزيائيين فى التوصل إلى فيزياء مستقبلية جديدة لم يسبق لها مثيل من قبل.

ومنذ بداية القرن العشرين بحث الفيزيائيون فى تركيب المادة بإطلاق أجزاء ضئيلة من المادة على أجزاء ضئيلة أخرى من المادة، وملاحظة «سلوك» كل منها عند اصطدامها ببعضها بعضًا، والنتيجة أن العلماء عرفوا أن الذرة بها نواة داخلية. وأن تلك النواة تحتوى على بروتونات ونيوترونات، وأن تلك

الجسيمات دون الذرية ذاتها، تتكون بدورها من كواركات وجلونات Gluons «جسيمات ترتبط الكواركات ببعضها البعض مثل الغراء» وكان معظم الفيزيائيين يعتقدون أن الكواركات هى أصغر اللبنات الأساسية المكونة للمادة.

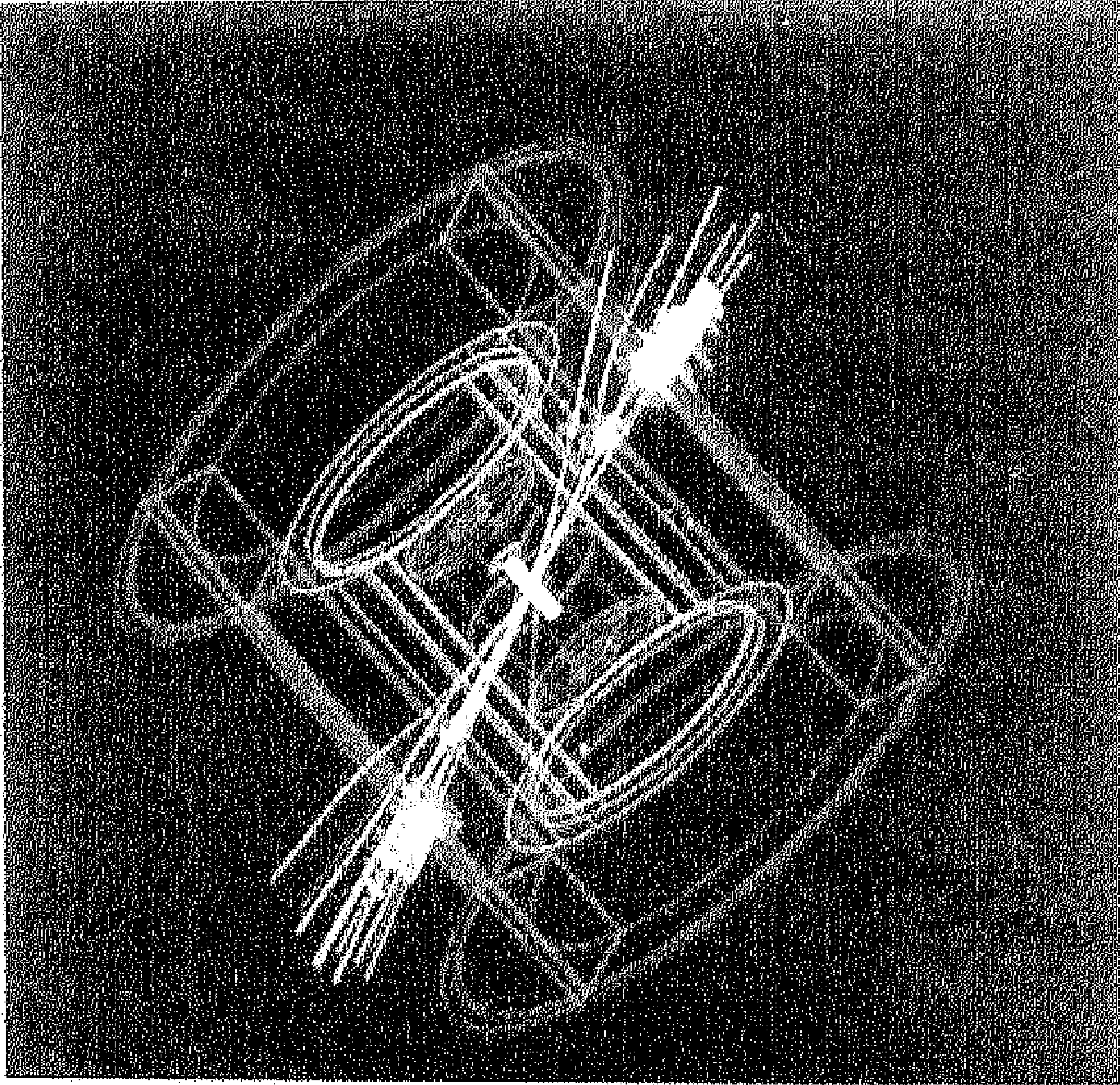
ومؤخراً قام العلماء بمختبر «فيرمى» Fermilab بتعجيل البروتونات والبروتونات المضادة Antiprotons إلى سرعات تقترب من سرعة الضوء (٣٠٠,٠٠٠ كيلو متر فى الثانية الواحدة) ثم ضربوهما معًا بقوة وبمثل تلك السرعات الفائقة، فإن الجسيمات «تخترق» بعضها بعضًا. فالبروتونات المضادة والنيوترونات المضادة، هى عمومًا عبارة عن فراغ أو حيز خال تقريبًا، ومن ثم فإن الكواركات والجلونات التى بداخلها تشق طريقها بسهولة، مثلما ينطلق الأسطول البحرى ليلاً فى البحار المفتوحة، ومن وقت لآخر يتقابل كواركان أو كوارك وجلون وجهًا لوجه بقوة مروّعة ويندفعان إلى الخارج من أحد الأجناب، ومعهما بعض الجسيمات الأخرى التى تتولد من طاقة

تصادمهما. إن النموذج القياسى الفيزيائى يتنبأ بالعدد الواجب حدوثه من تلك التصادمات، ولكن حتى بكل تلك الطاقات العالية، فإن العلماء لم يشاهدوا سوى نحو ٥٠ ٪ زيادة من التصادمات التى يتوقعونها من النموذج القياسى.

ترى ما الذي يحدث؟

الواقع أنه من المبكر جداً الإجابة على هذا السؤال على الرغم من التصورات والافتراضات فى هذا المجال، ويرى بعض علماء الفيزياء النظريين ضرورة إعادة تنقيح وتصحيح النموذج القياسى الفيزيائى للقوة التى تربط الكواركات ببعضها البعض. بينما يعتقد آخرون أن الكواركات قد تصطدم بجسيم قصير العمر يطلق عليه «زد» "Z°"، يلعب دوراً فى التفاعلات الضعيفة Weak Force التى تفسير نوعًا من النشاط الإشعاعى، يتحول فيه نيوترون إلى بروتون مع إطلاق إلكترون ونيوترينو Neutrino، وتحمل القوة الضعيفة ثلاثة جسيمات مختلفة +W و -W و Z°، وتختلف هذه الجسيمات عن جسيمات القوى

الأخرى فى أن لها كتلة ويرى بعض العلماء أنه من الممكن أن يتكون الكوارك ذاته من جسيمات أصغر منه، أطلقوا عليه «البريونات» Preons . وسوف يسعد كل أولئك العلماء أن يفهموا الفيزياء الحقيقية فيما وراء النموذج القياسى الحالى لها.



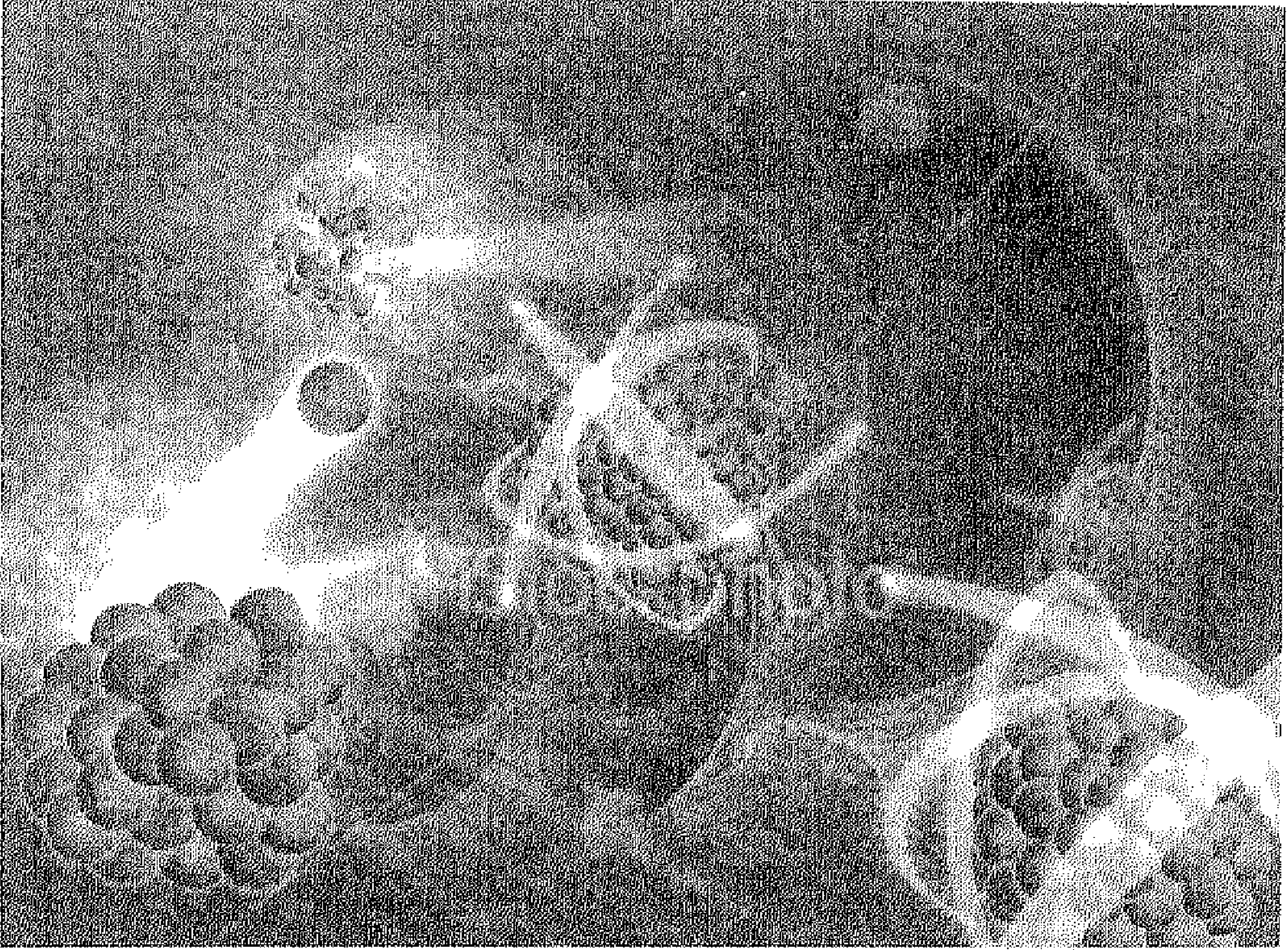
سومونات وفلافونات وكرومونات

إن أكثر نماذج «البريون»، تصف كل كوارك أو لبتون باعتباره مجموعة مؤتلفة من ثلاثة بريونات، وفى نموذج البريون للعالمين «سلاَّم» Salam و «باتى» Pati، نجد أن كل كوارك أو لبتون يحتوى على واحد من ثلاثة «سومونات» Somons يحدد جيله وواحد من اثنين «فلافونات» Flavons يحدد نكهته Fla-vor وشحنته الكهربائية، وواحد من أربعة «كرومونات» Chro-mons تحدد لونه «أو غياب اللون» ويعدّل من شحنته الكهربائية. والسومونات متعادلة كهربائيًا وليس لها لون «شحنة اللون منبع القوة القوية مثلما أن الشحنة الكهربائية هى منبع الكهرمغنطيسية» أما الفلافونات فلها شحنات كهربائية إما + ١/٢ أو – ١/٢ من شحنة البروتون وليس لها لون أيضاً.

أما للكرومونات الحمراء والخضراء والزرقاء، شحنة تعادل ١/٦ شحنة البروتون ، الكرومون عديم اللون فله شحنة تساوى – ١/٢ من شحنة البروتون.

إن التــوافــقــيـــة Combination الممكنة لتلك الـ (٣ «سومونات» × ٢ «فلافونات» × ٤ «كرومونات») والتى تكوّن نموذج البريون، تعطى تفسيراً لكل الكواركات واللبتونات من حيث أجيالها وألوانها وشحناتها، ولكن هذا النموذج للبريون لا يحاول تفسير كتل الكواركات، باستثناء اقتراح أن السومونات من الجيل الأعلى ذات كتل ثقيلة، بينما الفلافونات عديمة اللون كتلها أخف بكثير.

والمشكلة اللافتة للنظر فى جميع نماذج البريونات التى تصف التركيب الداخلى للكواركات هى ما يسمى «مفارقة الكتلة» Mass Paradox إذ إن أى جسيم مركّب يمكن أن يكون أخف أو أثقل وزناً من مجموع أوزان مكوناته فى حالة السكون، فعلى سبيل المثال، فإن نواة الذرة (التى يبلغ حجمها نحو 10^{-13} متراً) أخف قليلاً من النيوترونات والبروتونات المكونة لها، بسبب طاقة الربط بالقوة القوية التى تربط أجزاء النواة بعضها البعض.



ويلزم بذل طاقة تبلغ حوالى ٨ ميجا إلكترون فولت (ميجا = مليون، أما الإلكترون فولت فهو الطاقة التى يكتسبها إلكترون واحد عندما تتزايد سرعته، خلال تعرضه لفرق جهد قدره فولت واحد) لانتزاع كل نيوترون أوبروتون من رابطته النووية.

ومن جهة أخرى، فالبروتون (حجمه حوالى 10^{-15} مترًا) أقل كثيرًا من مجموع كتل مكوناته الثلاثة (٢ كوارك أعلى + ١ كوارك أسفل)، وكتلة البروتون بوحدات الطاقة (٩٣٨ ميجا إلكترون فولت)، بينما تبلغ كتلة الكوارك أعلى نحو (٤ ميجا إلكترون فولت) فقط والكوارك أسفل (٧ ميجا إلكترون فولت) تقريبًا، وتأتى الغالبية العظمى من كتلة البروتون من الطاقة الحركية Kinetic Energy.

وداخل البرتون تنحصر الكواركات داخل «صندوق» لا تتجاوز أبعاده (10^{-15} مترًا) وبموجب مبدأ اللايقين لهيزنبرج Heisenberg's Uncertainty Principle أن حاصل ضرب لايقين الموضع × لايقين كمية الحركة Momentum يجب أن يزيد على ثابت بلانك Planck Constant وعلى ذلك فإن الكوارك الموجود فى حيز أبعاده (10^{-15} مترًا) يجب ألا يقل لايقين كمية تحركه عن ١٩٧ ميجا إلكترون فولت بوحدات الطاقة. ومجموع طاقات الكواركات الثلاثة التى لها كمية حركة فى هذه الحدود وفى كل الاتجاهات، تساوى تقريبًا كتلة

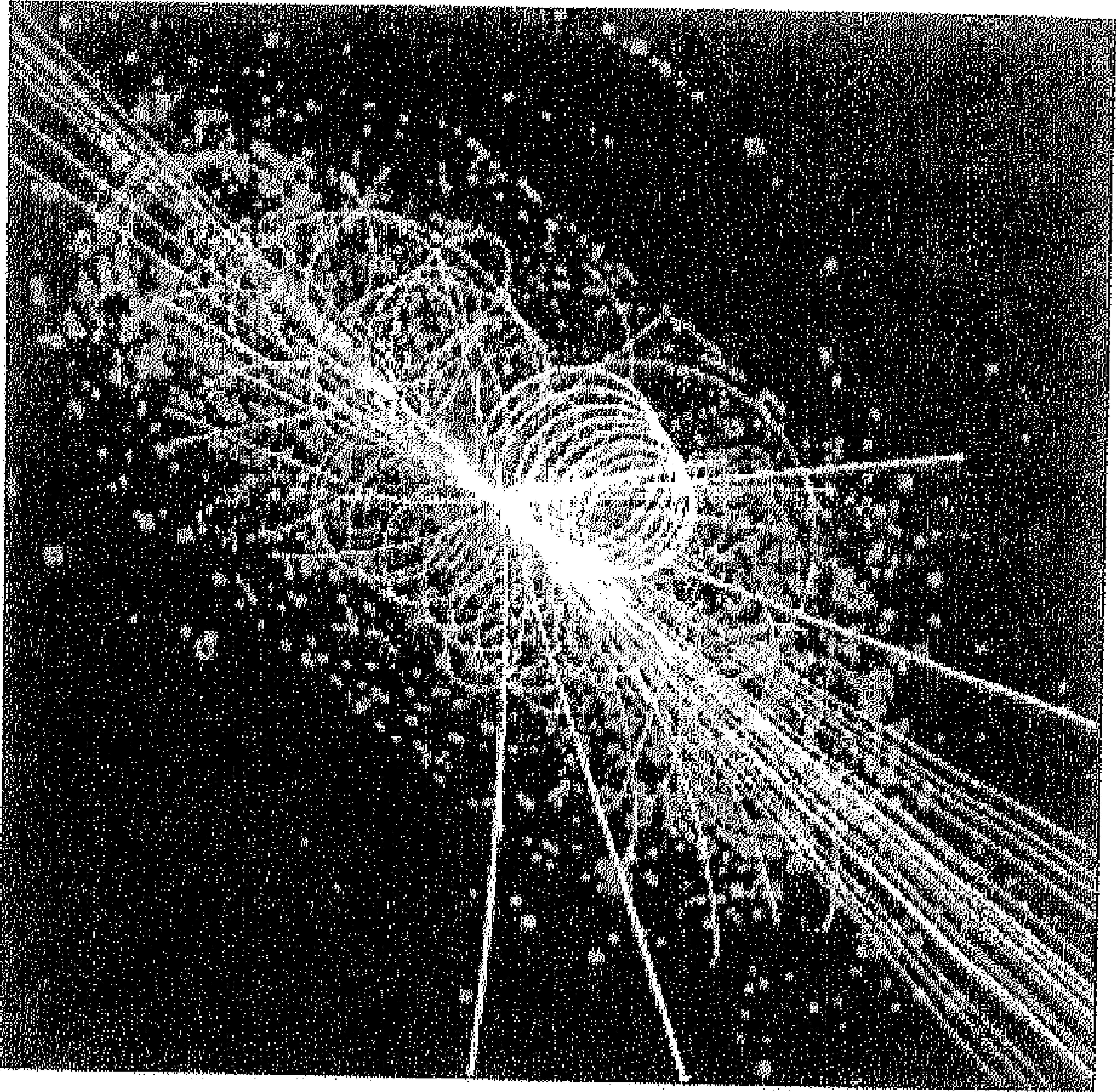
البروتون، وعلى ذلك فإن البروتون يحصل على طاقة كتلته أساساً من كمية الحركة الداخلية للكواركات المكوّنة له، وليس من كتلها السكونية Rest Masses.

قوة فائقة ... للبريونات

ونحن نعرف من تجارب الاستطارة Scattering (ى تغير الاتجاه الناتج فى حركة جسيم عند تصادمه بجسيم آخر أو هدف ما) أن الكواركات واللبتونات نقاط ضئيلة للغاية (إلا إذا كنت من اتباع «نظرية الأوتار» String Theory فتعتبرها أوتاراً مهتزة) وتقل مقاساتها عن (١٠^{-١٨} متراً أو نحو ١/١٠٠٠ من قطر البروتون).

ولا يقين كمية الحركة لأى بريون - الجسيم الإفتراضى الموجود داخل الكوارك أو اللبتون - «أيا كانت كتلته» محصورة فى حيز بهذا الحجم، يبلغ حوالى ٢٠٠ جيجا إلكترون فولت، ويزيد ذلك بمقدار ٥٠,٠٠٠ مرة عن كتلة سكون الكوارك أعلى، و ٤٠٠,٠٠٠ مرة عن كتلة سكون الإلكترون، ومعنى

ذلك أن نموذج البريون يطرح مفارقة غريبة للكتلة : إذ كيف يتأتى للكواركات أو الإلكترونات أو تتكون من جسيمات أصغر، ذات طاقات كتل أكبر أضعافاً مضاعفة بسبب كميات حركتها الهائلة ؟



وإحدى طرق تفسير الكتلة الهائلة من كمية الحركة الداخلية، هي افترض وجود قوة فائقة Hyper Force شديدة للغاية، تربط بقوة البريونات ببعضها بعضًا داخل الكوارك أو اللبتون، ومثل تلك القوة الفائقة يجب ألا تقل عن ١٠٠,٠٠٠ مرة قدر القوة القوية! بيد أننا لا نرحب بهذه الفرضية، لأنها سوف تزيد من تعقيد النموذج القياسي الموجود به بالفعل عدد كبير من الكميات المتغيرة القيمة Parameters وفي ظل وجود وتأثير تلك القوة الفائقة، سوف ترتبط البريونات ببعضها بقوة بالغة الشدة داخل الكوارك، لدرجة أن دور الطاقة الناجمة من كمية حركتها سوف يلغى من جراء طاقة الربط الهائلة، وهذا التصور له بعض الجاذبية والقبول، لكن لم يمكن استخدامه حتى الآن بنجاح لتفسير كتل وخواص الكواركات واللبتونات، وخصوصًا فروق الكتل الضخمة بين الأجيال وبين الكواركات والنيوترينوات.

وعمومًا فقد حان الوقت لكي تدلي فيزياء الطاقة العالية بدلوها، إن النموذج القياسي للديناميكيات اللونية الكمية QCD

لفيزياء الجسيمات عالية الطاقة - الذى اختبر جيداً حتى الآن - أصبح فى مفترق طرق وأصيب «بشرخ» ويحتاج لفحصه بدقة، عن طريق إجراء تجارب جديدة، كما يحتاج «لترميمه» بواسطة الفيزيائيين النظريين.

إن جسيم الأمس «الكوارك» قد يصبح الآن ليس «أوليا» بل «مركبا» من عدد من البريونات، ومن يدرى فلعلنا نكتشف بعد ذلك - فى المستقبل القريب - أن البريونات تتكون هى الآخرى من جسيمات أولية أصغر منها، وهكذا تصبح الرحلة فى قلب المادة.. لانهائية !

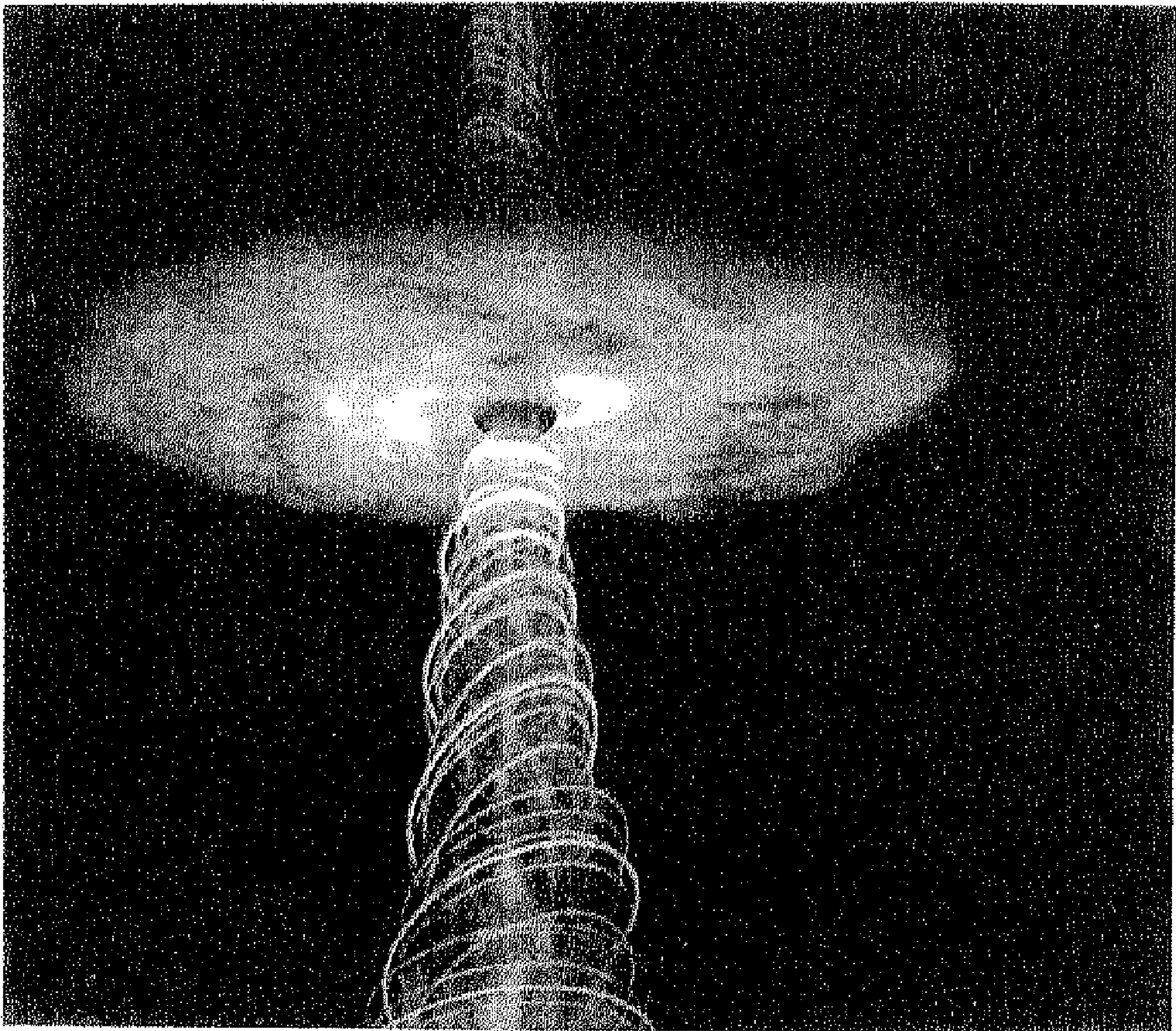
التفرّد المجرد ...كارثة فيزيائية ؟

على الرغم من أن فكرة وجود ثقب أسود هائل فى مركز مجرتنا «الطريق اللبنى» Milky Way، قد يفسر بعض الظواهر الكونية كالإشعاعات تحت الحمراء Infrared التى تعطى الطاقة الحرارية للغاز والغبار الكونيين وأيضًا الإشعاع التجاذبى Gravi-tational Radiation الذى اكتشفه «ويبر» إلا أن هذه الظواهر يمكن ايجاد تفسير آخر لها وفق نظريات فيزيائية حديثة.

إن فكرة أن تتحول مجرة بأكملها إلى ثقب أسود، قد تبدو لأول وهلة غير معقولة، ولكنها فى واقع الأمر ممكنة الحدوث فلكيًا، إذ أن هناك كمية هائلة من المادة غير المرئية بين حشود المجرات، فلو كانت الجاذبية التى تشد مجموعة المجرات إلى بعضها غير كافية، لا نفرط عقدها. ومن رصد حشود عديدة من المجرات، اتضح أنها لا تنتظم فى مجموعة إلا إذا كانت تحتوى على مادة أكثر مما يمكن رؤيته فعلاً.

والمادة غير المرئية بين المجرات، قد تكون على شكل غاز أو

غبار كونى أو مجرات خافتة الضوء، ولكن ثمة احتمال أيضاً بأن تكون هذه المادة الخفيّة مكونة من عدد من الثقوب السوداء Black Holes وقد يكون فى الكون مادة غير مرئية، أكثر من المادة التى يمكن رؤيتها ومن ثم لا يمكن لعلماء الفلك أن يحددوا بدقة متوسط كثافة المادة فى الكون بشكل عام، كما لا يستطيعون رصد الظواهر الكونية المثيرة بدقة.



لقد اعتبرت الثقوب السوداء هى المسئولة عن أى مصدر طاقة غامض فى الكون كالكوازرات Quasars – أشباه النجوم – التى تتحرك بعيدة عنا بسرعات هائلة تصل إلى جزء كبير من سرعة الضوء (٣٠٠,٠٠٠ كيلو متر فى الثانية الواحدة) كما أنها ألمع بكثير وأشد طاقة مما يمكن تصوره لجسم صغير وبعيد مثلها، وهذا يدل على منبع طاقة أقوى من أى شئ يمكن أن يتخيله علماء الفلك، واتضح مؤخراً أن مولّدات الطاقة داخل الكوازرات هى ثقوب سوداء جبارة.

دعنا نفترض أن ثمة ثقبًا أسود هائلاً يدور فى مركز أحد الكوازرات ويبعث حتى ٥٠ ٪ من طاقة المواد التى تسقط فى داخلها، وهذه الطاقة يمكن تغذيتها بابتلاع كتلة شمسية واحدة كل عام، وهذه «الوجبة» قليلة جداً لتفسير الطاقة المروعة للكوازرات حتي نتفهم الثقب الأسود على حقيقته ودوره فى توليد الطاقة للكوازرات، علينا أن نناقش أغرب مكوناته وهو التفرد Singularity خاصة عندما يكون مجرداً Naked .

من المعروف أن أفق الحدث Event Horizon هو حافة

الثقب الأسود وأن القوة التجاذبية للمواد المنهارة، هى التى أدت إلى إنشاء الثقب الأسود، ويعتمد حجم هذا الثقب الأسود على «كمية» المادة داخل أفق الحدث، وليس على «الحجم» الذي تشغله تلك المواد ! وهنا اعترف أنه من الصعب على العقل البشرى أن يتقبل هذه الحقيقة. ولكى نستمر فى مناقشة هذا الأمر، علينا أن نسأل أنفسنا : إذا استمرت عملية تدفق المادة النجمية إلى داخل الثقب الأسود بتأثير جاذبيته المروعة – ألن يأتى الوقت الذى يمتلئ فيه الثقب حتى يزيد على نصف القطر التجاذبى (حد شفارز شايلد Schwarzschild Radius الذى يتعلق بضغط الجرم الفضائى دون أن نخفض من كتلته، وكلما زاد الضغط فإن أشعته ستجد صعوبة أكثر فى الانطلاق منه وذلك وفقاً للمعادلة :

نصف قطر شفارزشايلد = ٢ ج ك / س ض ٢

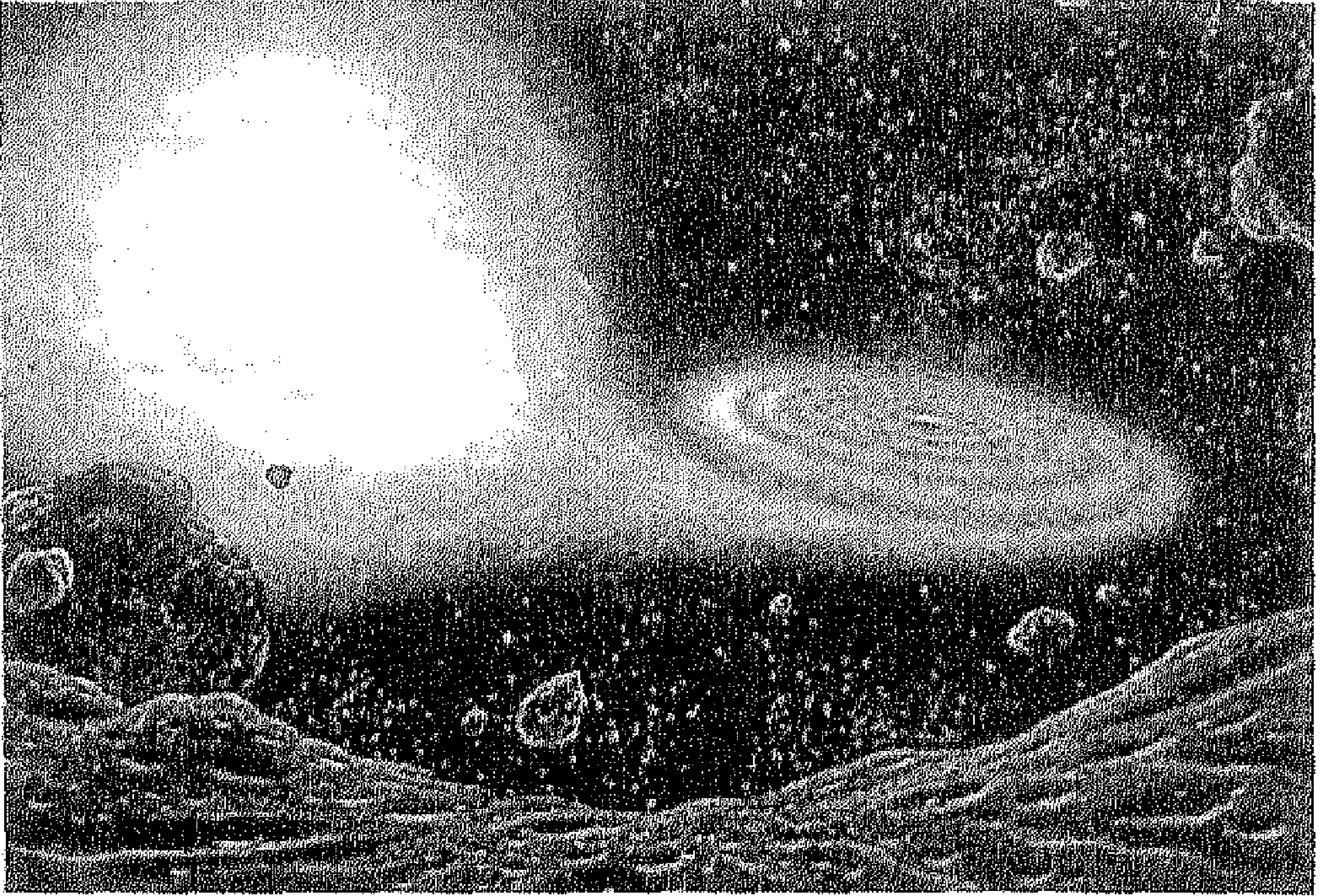
حيث ج = ثابت الجاذبية (الذى يحدد مدى شدة الجاذبية)

س ض = سرعة الضوء فى الثانية (٣٠٠ ألف كيلو متر)

هذا السؤال السابق يبدو منطقيًا للغاية، ولكن متى كان المنطق هو الأساس السائد فى الثقوب السوداء ؟

أن أفق الحدث هو حدود الثقب الأسود،، ولا يمكن لأى شئ أن يخرج عن هذا الحد حتى ولا الضوء، أما خارج أفق الحدث فيمكن لبعض الضوء أن يتحرك إلى أعلى أو إلى داخل الثقب الأسود، إلا إذا كنت مقتنعًا بالنظرية الحديثة التى قال بها «هوكنج» منذ عدة شهور عن الإشعاعات التي يمكن أن تصدر عن الثقوب السوداء.

وكلما كان مصدر الضوء بعيداً عن أفق الحدث، زادت فرصة فوتوناته Photons (وحدات الضوء) فى عدم الانجذاب إلى عمق الثقب الأسود. أما عند أفق الحدث فإن أنبعاث الضوء سيتوقف فهو لن يتحرك إلى أعلى بعيداً إلى الفضاء، أو يهبط إلى مركز الثقب الأسود.



عندما يتوقف الزمن

ولو تصورنا الموقف السابق بالنسبة لجسم مادى (سفينة فضاء على سبيل المثال)، فإن الأمر سيكون غريباً وبعيداً عن كل تصور، ذلك أن سفينة الفضاء لن تبلغ سرعتها سرعة الضوء،

ومن ثم فإن احتمال عدم التهامها بواسطة الثقب الأسود، هو قطعًا أقل كثيراً من الاحتمال الذى يواجهه الضوء، مهما كانت المسافة من أفق الحدث، ولنتصور أيضًا اختلاف وجهتى نظر شخصين، أحدهما يراقب الثقب الأسود من مسافة بعيداً جداً وآخر يسقط في داخله مندفعًا نحو المركز، وهذا الأخير لن يلاحظ شيئًا غريبًا يحدث له، وهو يهبط مجتازاً أفق الحدث (مع الافتراض المستحيل بأنه سيظل حيًا واعيًا لما يجرى) ولو قام هذا الشخص بقياس سرعة الضوء عند أفق الحدث لوجده كالمعتاد، على الرغم من أن الشخص الذى يرصد الثقب الأسود من بعيد، سيرى الضوء ثابتاً واقفاً غير متحرك.

أما بالنسبة للشخص الذى يهبط فى عمق الثقب الأسود، فإن سيصل إلى المركز فى وقت محدود — وهو عادة وقت قصير جداً — يعتمد على حجم الثقب الأسود. وفى واقع الأمر فإن الشخص الساقط داخل الثقب الأسود سيتم فناؤه عن طريق قوى الجاذبية المروّعة، قبل أن يصل إلى المركز. ولكن هذا لا يغير من المبدأ العام الذى قررناه سابقًا، وهو أن أية جسيمات تسقط داخل

الثقب الأسود ستصل إلى مركزه فى وقت يبدو أنه محدود Finite وبالرغم من ذلك، فإن الشخص الذى يرصد الثقب الأسود من بعيد، سيرى الأمر مختلفاً.

فحيث أن نظرية النسبية العامة لأينشتاين، تقرر بأن الزمن يتباطأ بالنسبة لمادة تتحرك بسرعة كبيرة، وأيضًا بالنسبة لشئ يتعرض لجاذبية شديدة، وهكذا فمن وجهة نظر المراقب الخارجى، فإن الشخص الذى يتجه إلى الثقب الأسود، وكلما اقترب من أفق حدثه تباطأ الزمن، حتى يصل الشخص إلى أفق الحدث نفسه، وهنا يتوقف الزمن تمامًا هنا سيرى الراصد الخارجى الشخص الهابط إلى الثقب الأسود، وهو يقترب أكثر فأكثر من أفق الحدث، ولكنه لن يجتازه مطلقًا، وذلك لأن زمن الشخص الهابط قد توقف من وجهة نظر الراصد الخارجى !

أما من وجهة نظر الشخص الهابط فسيقول بأنه سيصل إلى مركز الثقب الأسود فى وقت محدود، أما بالنسبة للمراقب الخارجى فسيدعى أنه يلزم وقت لا نهائى لاجتياز أفق الحدث وهنا نتساءل : أيهما على حق ؟ الواقع أن كليهما على حق

أخذين فى الاعتبار أنه حسب نظرية النسبية العامة لأينشتاين ليس هناك شئ مطلق فيما يتعلق بالزمن أو الفضاء، إذن فكلا من الشخصين على حق حسب ما يرى.

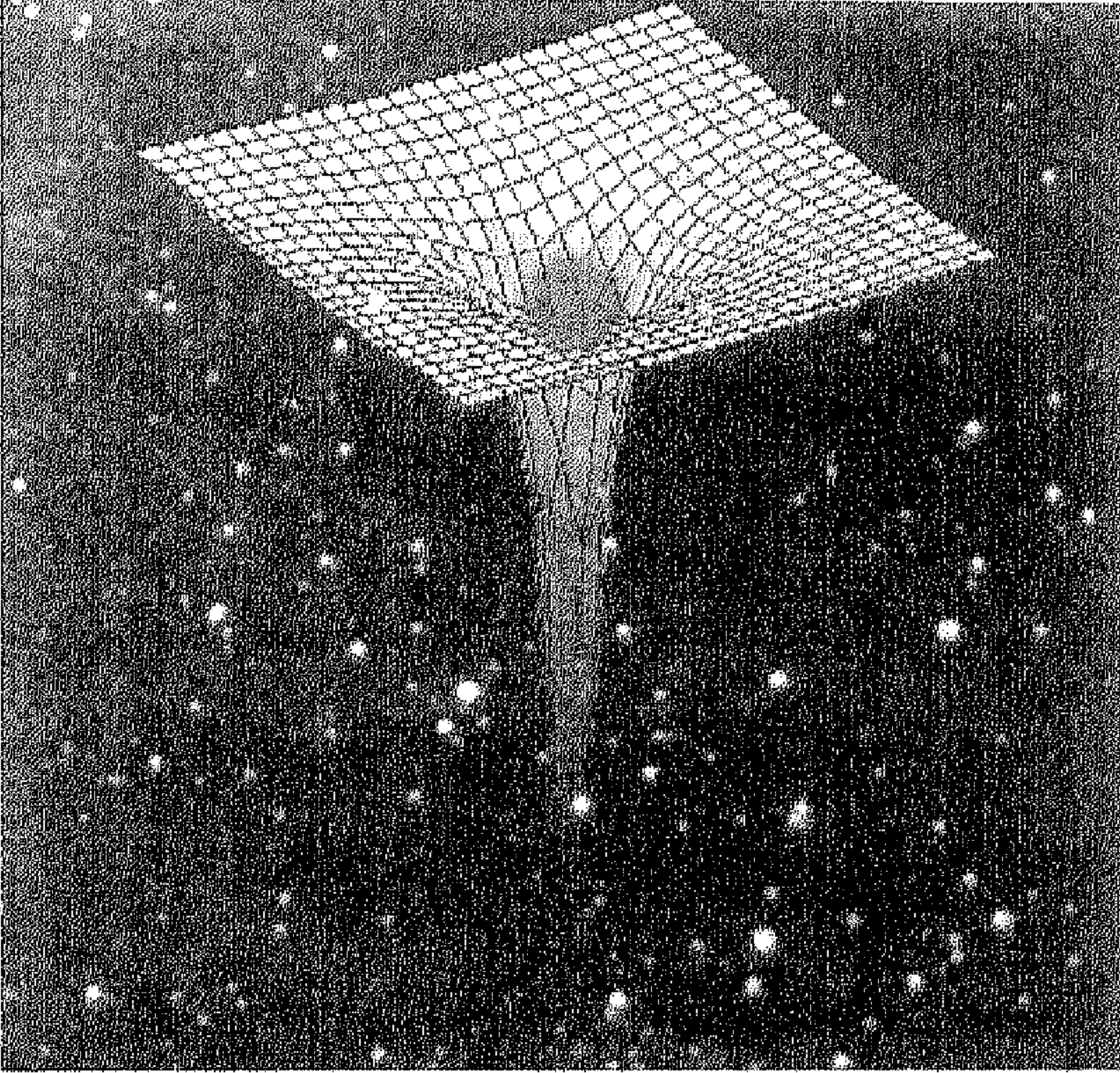
يتضح لنا الآن، أنه عند أفق الحدث - تلك الحدود غير المرئية للثقب الأسود - على الجسم أن يبلغ سرعة الضوء حتى يتمكن من الهروب من مصير الالتهام داخل الثقب الأسود وحيث أن الأجسام المادية - حسب النظرية النسبية - لن تصل إلى هذه السرعة الهائلة، فإن أفق الحدث يعتبر طريقًا بلا عودة، ونقطة إذا تعداها الجسم لن يعود مرة أخرى، بل سيسحق ويفنى داخل الثقب الأسود.

أما الحوادث التى تقع على سطح أفق الحدث للثقب الأسود فيمكن للراصد الخارجى أن يراها، أما تلك التى تحدث فى عمق الثقب الأسود، فلن يتمكن من رؤيتها، أى أن حدود رؤيته تتعلق بمستوى أفق الحدث.

التفرد ... الرهيب

ولن تتـمكن أية إشـارات - مـاعـدا إشـعـاع هوكنج Hawking's Radiation - من الخروج إلى الفضاء الخارجى، ومن ثم لن نتـمكن مطلقًـا من رؤية التـقلص المروّع والمسـتـمـر للمادة فى مركز الثقب الأسود. وبمعنى آخر فإن مركز الثقب الأسـود يكون دائمًـا مـغطى بأفق الحـدث، ومن ثـم سـتـصـبح الأحداث الرهيبة التى تجرى فيه مجهولة، لأنه لا يمكن رصدها. ويتكون أفق الحدث فوق مركز الثقب الأسود، وبخاصة تلك التى يكون أصلهـا نجـومًـا مـتـمـاثلة مـتـقلصـة symmetrical collapsars ولكن من المشكوك فيـه - حتى الآن - أن تقلص مـواد مـبعـثرة أو غيـر متـمـاثلة، قـد يؤدى إلى تكوين أفق حـدث للثقب الأسود.

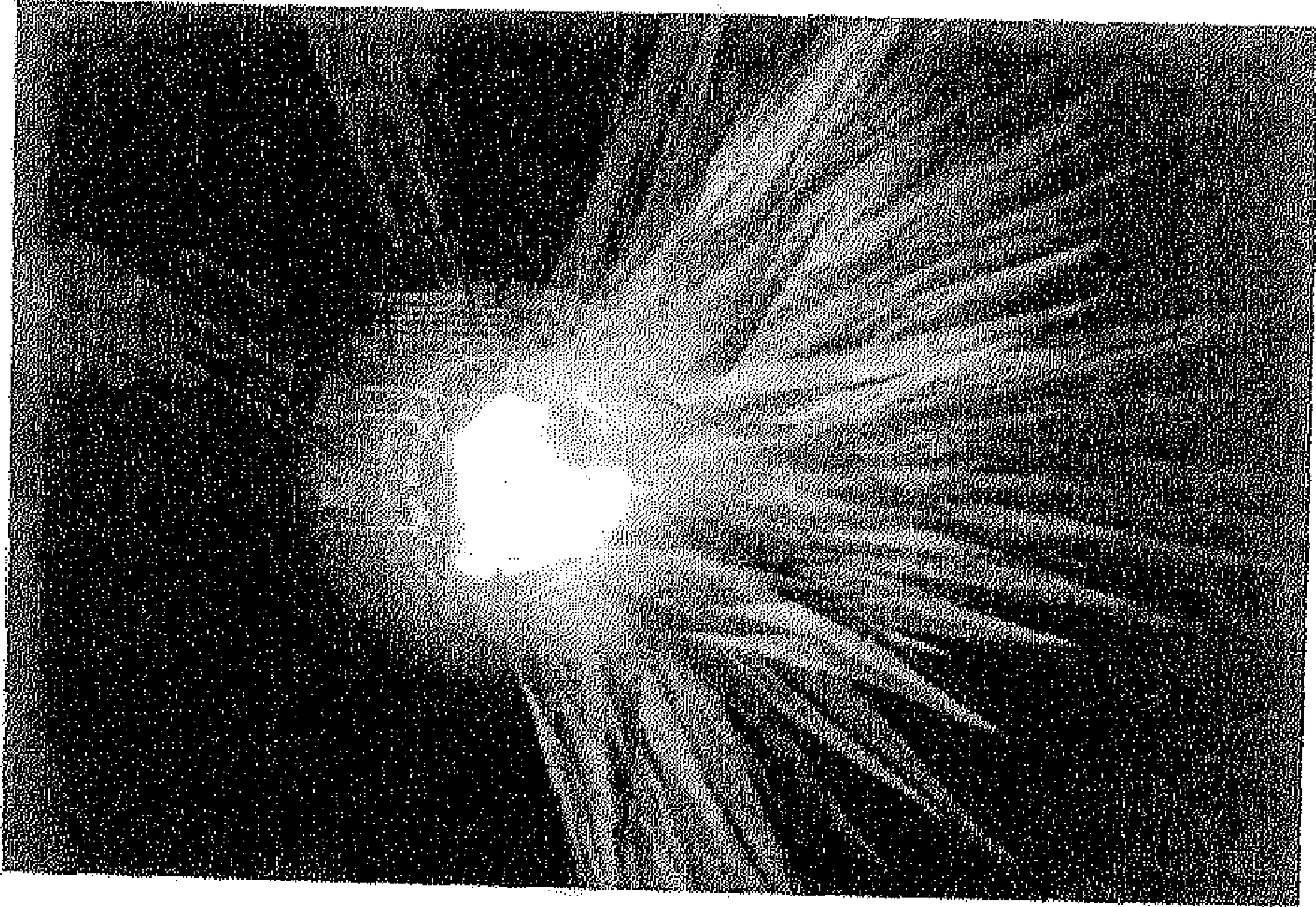
وبالتأكيد فإننا إذا تصـورنا كـتلة كـبيرة تدور بسرعة هائلة لتكوّن ثقبًا أسود عاديًا، فإن مركزه سيتكون بشكل حلقى بدلاً من خط رفيع يمتد عبر الثقب الأسود. وفى مستوى هذه الحلقة، لن يكون هناك أفق حـدث ومن ثـم يمكن رؤية مـركـز الثـقـب الأسود.



ويقال دائمًا أن اكتشاف تفرد (مركز) مجرد – أى دون أفق حدث يخفيه عن العيون – سيكون كارثة لعلم الفيزياء، ذلك أن قوانينها لن تستطيع أن تفسر هذه الظاهرة المذهلة وإذا تكونت هذه التفردات المجردة، فإنها ولاشك ستمثل موضوع بحث علمى هام لعلماء الفلك، ولكن ماهو تفرد الثقب الأسود بصفة عامة ؟

في البداية علينا أن نتساءل : ما الذى يوجد فى تفرد (مركز) الثقب الأسود ؟ إن كلمة «تفرد» تأتى من أن هذا المكان (مركز الثقب الأسود) يعد فريداً لا مثيل له فى الكون كله.

لو فرضنا أن هناك سفينة فضاء، قد أمكن لها – بواسطة تكنولوجيا مستقبلية متطورة لا نملكها فى الوقت الحاضر ولكننا نتلمسها فى قصص الخيال العلمى – اجتياز أفق الحدث إلى داخل الثقب الأسود، فإنها ستنجذب بعنف هائل إلى المركز، وبينما هى تقترب من مركز الثقب الأسود، تزداد قوى تيارات الجذب حتى أنها تسحق تماماً قبل أن تصل فعلاً إلى المركز.



ويمكن لسفينة فضاء أن تقاوم هذه الجاذبية المروّعة بأن تعمل على تشغيل صواريخ محركاتها الجبارة، فى محاولة للهروب من تأثير التيارات المدية الهائلة، ولكنها لن تستطيع أن تفعل شيئًا سوى أن تؤجل مصيرها المحتوم لفترة قصيرة جداً، قد تبلغ جزءاً من الثانية. وتقدم لنا النظرية النسبية العامة لأينشاتين فكرة عما يوجد فى مركز الثقب الأسود، تلك المنطقة التى تحوى من الظواهر المثيرة ما لا يصدقه عقل، ففى هذا المركز تتراكم كل مادة الثقب الأسود، حيث ينعدم الحجم ويصبح مساويًا للصفر، وتكون كثافته غير محدودة، وتيارات المد والجذر لا نهائية. وأفق الحدث ليس له أى تأثير واضح على الفضاء الخارجى، طالما أن أى شئ يدخله لن يخرج منه مطلقًا (أو ربما على هيئة إشعاع هوكنج !) وهذا ينطبق أيضًا على عمق الثقب الأسود، فهو معزول عن الكون بواسطة أفق الحدث. وكل ما يسقط فى الثقب الأسود يفقد هويته، أيًا كان نوع المادة المسحوقة فى ذلك المكان الغريب من الكون حيث لا تسود أية قوانين فيزيائية معروفة. ففى الثقب الأسود لا يمكن تمييز أية

مـادة، وهى تتكون من جزيئـات وذرات وجسـيمـات دون ذرية، تفـصلهـا فـراغـات، ولكن فى تلك القـبـور السوداء، تختـفى كل صـفـات المادة، وحـتى لا تكون هناك مـوجـات أو طاقـات أو كـواركـات أو جلونات. لأن هذه الموجـات أو الطاقـات أو الجـسـيـمـات دون الذرية تنبـعث من المادة. إذا أثيـرت بعـوامل ومجالات معينة، وعلى ذلك لا يوجد فى عمق الثقب الأسود سوى السكون والصمت القاتل.

وهكذا تجذب الثقوب السوداء أية سفينة فضاء، قد يوقعهـا سوء حظهـا بالقـرب منهـا، فـإذا زاد أقـترابهـا من هذا اللغـز الفضـائى، فإنهـا لن ترتطم بسطح الثقب الأسود (أفق الحدث)، بل سـتـهـوى داخله بسـرعـة هائلة بفـعل مـد وجـذر الجـاذبيـة اللانهـائيـة، فى مـركـز الثـقـب الأسود، ولن تسـحق المادة المكونة لسـفينة الفضاء، والرواد داخلهـا، فحسب بل ستختفى من جزء من الثانية.

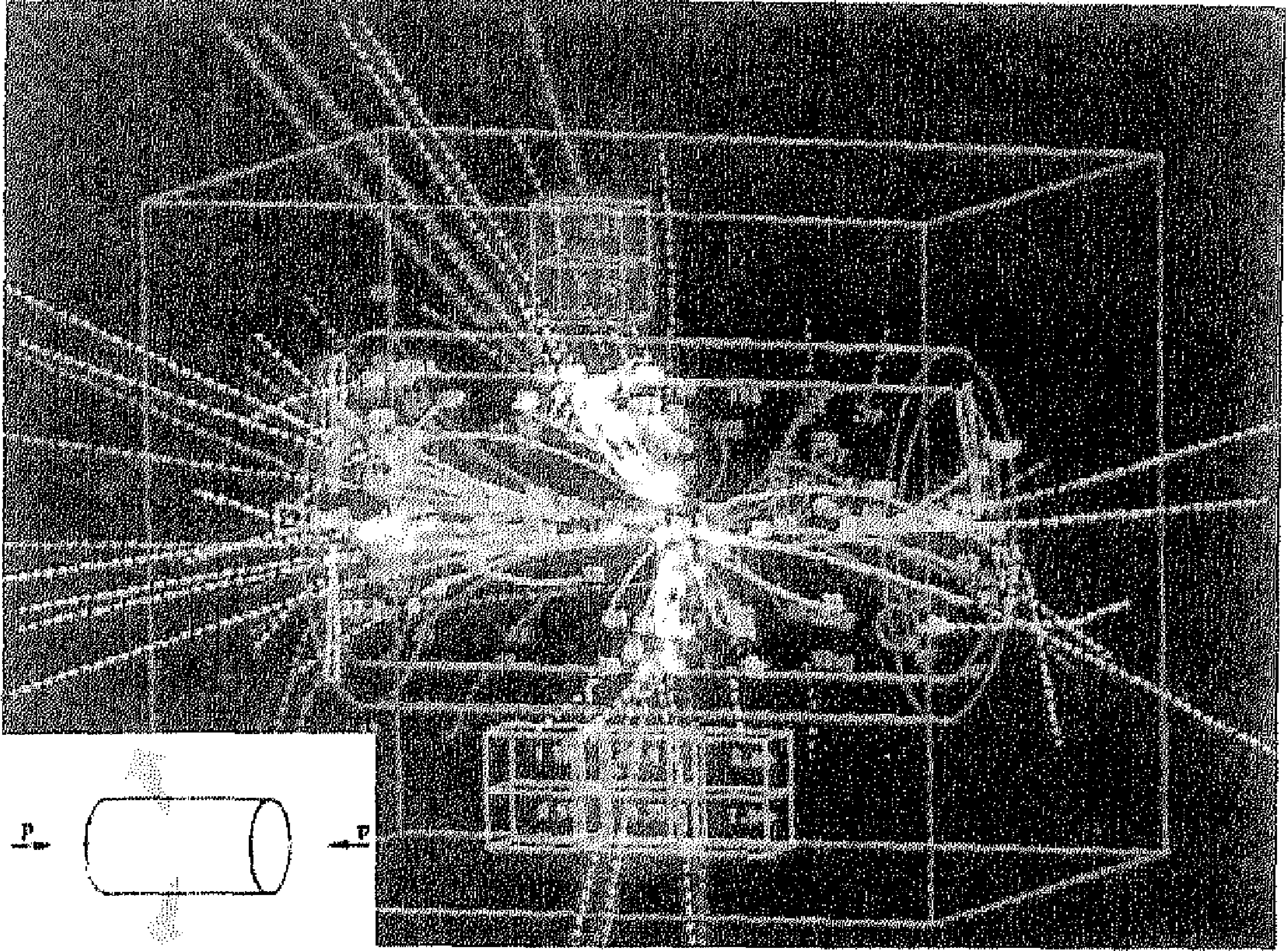
وسيحدث هنا أمر بالغ الغرابة، فالمادة التى سحقت وتفتتت موجودة بمادتها، أى أن المادة قد تضاءلت إلى حد مذهل، حتى

أنه لا يمكن رؤيتها حتى بأقوى المجاهر الإلكترونية التى تكبّر الأشياء مئات الألوف من المرات. وعلى الرغم من أن المادة التى أنهارت إلى عمق الثقب الأسود، قد أصبحت غير مرئية إلا أنها موجودة بكل ثقلها !

البيونات والرنينيات.. جسيمات غامضة

إحدى طرق دراسة الجسيمات دون الذرية.. «رجّها» فهزّ الإلكترونات - على سبيل المثال - يطلق إشعاع كهرمغنطيسى، وهى الطريقة التى تصدر بها الموجات الراديوية، حيث تتذبذب الإلكترونات فى أطوال موجية معينة، وتنطلق الموجات عندما ينقطع المجال الكهربى المحيط بالإلكترون المشحون.

والسؤال الذى يتبادر إلى الذهن : ما الذى يحدث عندما «نهزّ» البروتون بدلاً من الإلكترون ؟ إن قطع هدوء بروتون- أحد مكونات نواة الذرة - فى حالة سكونية، يتسبب فى إطلاق ومضة من الإشعاع، ولكنه ليس إشعاعاً من الفوتونات الكهرمغنطيسية، بدلاً من ذلك نجد أنها تتكون أساسًا من جسيمات تعرف باسم «البيونات» Pions عندما ينقطع مجال القوة النووية الملازم للبروتون التى تصدر، ويظهر العديد من البيونات أثناء الاصطدام العنيف بين بروتون نشط وآخر فى حالة سكونية.



البيونات..والأشعة الكونية

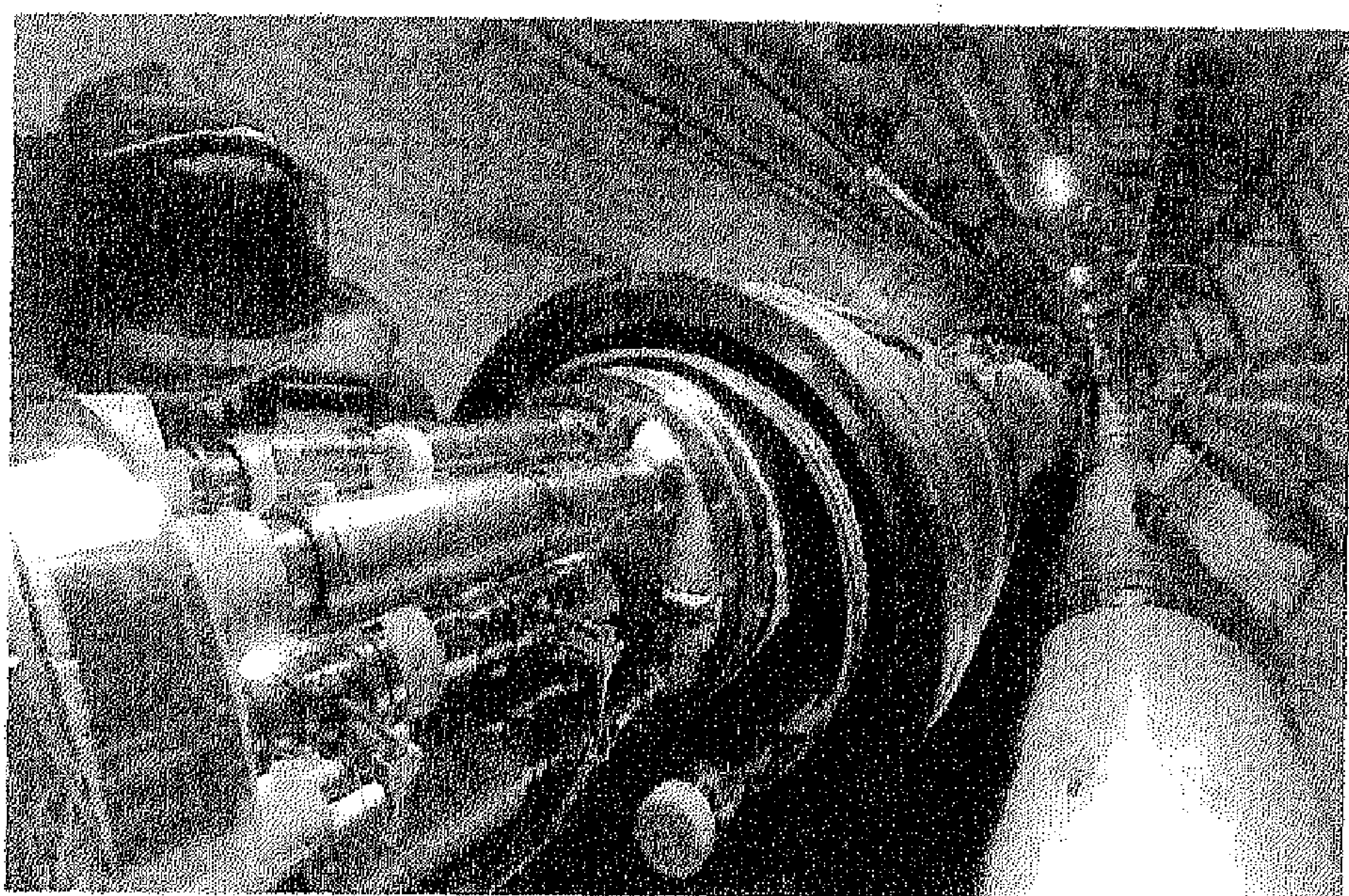
إن التصادمات التى تحدث بين الأشعة الكونية - التى تحتوى على بروتونات - وطبقات الجو العليا، تصدر بيونات موجبة وسالبة ومتعادلة بأعداد هائلة، والبيونات جسيمات غير مستقرة تتلاشى بسرعة، إن «أولادها» أو «أحفادها» هى التى تكون غالبية الأشعة الكونية بالقرب من مستوى البحر.

وتتلاشى الجسيمات عموماً عبر واحد أو أكثر من القوى الأساسية، وهى دائماً تتلاشى إلى جسيمات أخف، وبما أن البيون هو أخف الجسيمات التى تتعرض للقوة القوية - إحدى القوى الأساسية الأربع - فلا يمكن أن ينحل إلى جسيمات أخف تحت تأثير هذه القوة.. وهكذا قد تصبح البيونات جسيمات مستقرة، إذا لم تتعرض أيضاً إلى القوى الكهرمغنطيسية والقوى الضعيفة الأخرى، فهذه تسرع وتسبب تحلل البيونات، ولكن ما نتيجة هذا التحلل ؟

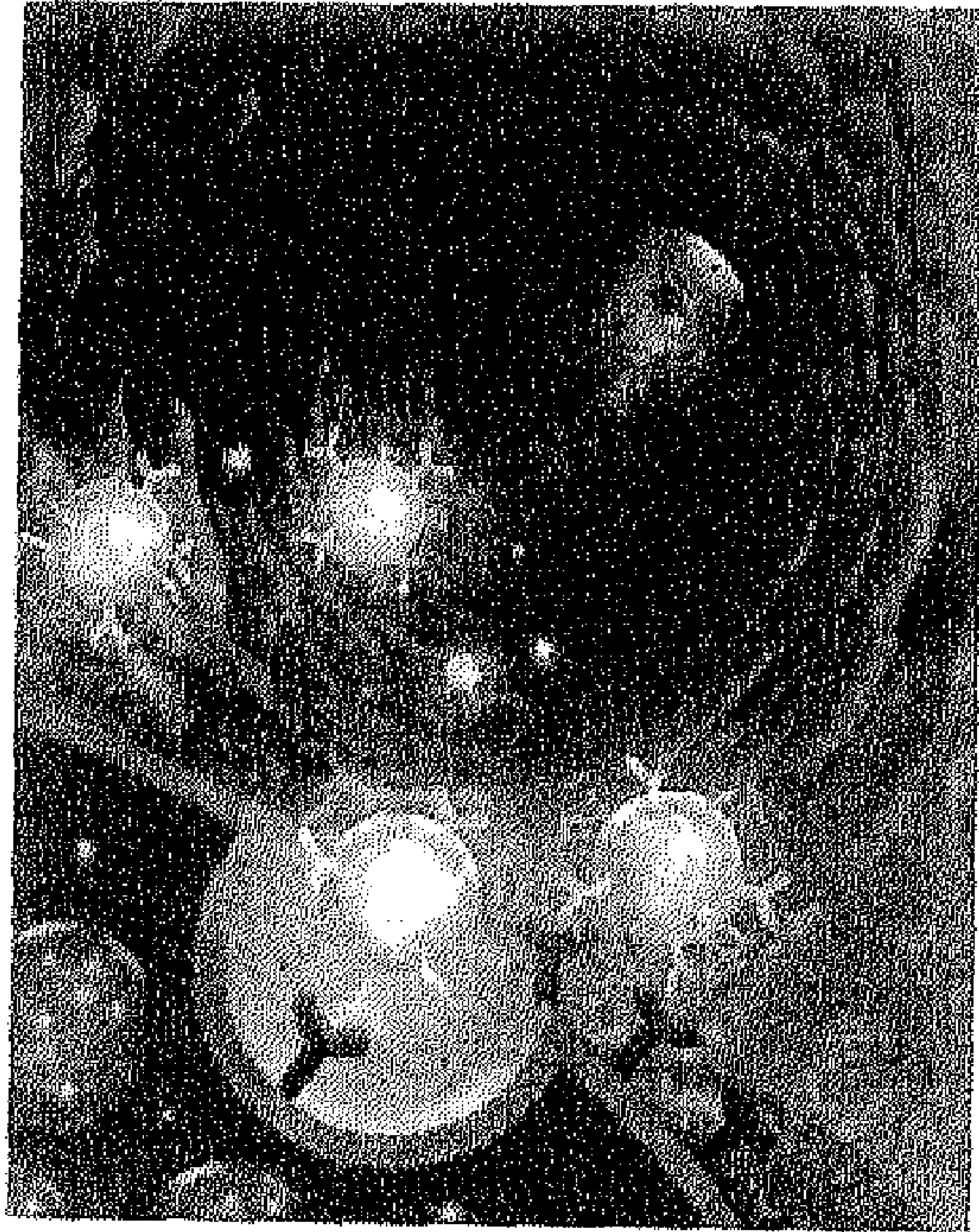
تتحلل البيونات السالبة والموجبة - فى خلال $١٠^{-٨}$ من الثانية - إلى «ميونات» موجبة وسالبة «الميون : مثيل ثقيل للألكترون» التى تنحل بدورها متحولة إلى بوزيترونات «إلكترونات مضادة» وإلكترونات. أما البيون المتعادل، فإنه ينحل بسرعة أكثر كثيراً جداً - فى خلال $١٠^{-١٦}$ من الثانية متحولاً إلى «فوتونات» «وحدات الضوء» وأشعة جاما «إشعاع كهرمغنطيسى عالى التردد» التى تولّد جزئيًا أزواج الإلكترون - بوزيترون فى الأشعة الكونية بسبب السرعة العظيمة لانحلالها.

وتكون البيونات داخل النواة ستارا غير مرئى بين البروتونات والنيوترونات، لتربطها ببعضها البعض، وعندما تصطدم هذه الجسيمات النووية المتواجدة فى طاقة عالية، هنا فقط تُطلق البيونات، وهذه هى الطريقة التى تتكون بها البيونات فى الأشعة الكونية.

وفى الوقت الحاضر، يتم انتاج عدد هائل من البيونات ذات طاقة وشحنة مختارة، فى معجّلات Accelerators الجسيمات فى الكثير من أنحاء العالم، ويمكن توجيه البيونات ناحية النويات وذلك لدراسة الصفات النووية.



وعلى الرغم من أن البيونات قد تم وصفها كناقلات للقوة القوية، إلا أنها لا توضع مع نفس الجسيمات الناقلة للقوة، مثل الفوتون أو جسيم W أو جسيم Z . ويرجع ذلك إلى أن العلماء يعرفون حاليًا بأن البيونات ليست جسيمات أولية، ولكنها مكونة من «كواركات» وتنتقل القوة القوية بواسطة البيونات الموجودة فى مستوى الطاقة الأكبر فقط، وفى المستوى الأعمق من عالم الكواركات، فإن القوة القوية تنتقل بواسطة جسيمات يطلق عليها «جلونات» .



الرنينيات.. تموت قبل أن تولد !

معظم الجسيمات دون الذرية التى تعرضنا لها حتى الآن، لها عمر قصير ومنظور، والجسيم الذى يتحرك بسرعة الضوء تقريبًا يسير لبضعة ملليمترات ويكون عمره نحو ١٠$^{-١١}$ من الثانية، ويرى مساره بوضوح عند تكبير صور «المستحلب» «مجموعة ألواح فوتوغرافية لتجميع مسارات الجسيمات» والغرفة الفقاعية «جهاز للكشف عن الجسيمات عن طريق إحداث فقاعات على طول مسارها» ، ولكن عدداً كبيرًا من الجسيمات عمرها أقصر من ذلك بملايين المرات وليس لها مسارات مرئية فى أجهزة الكشف، ولكن استنتج علماء الفيزياء وجودها من الجسيمات التى تنتج من أنحلالها، وتكون أطول منها عمراً.

وتعرف الجسيمات ذات العمر القصير جداً بالرنينيات ويبلغ عمرها حوالى ١٠$^{-٢٣}$ من الثانية. والفترة التى طولها ١٠$^{-٢٣}$ من الثانيةو إذا قورنت بفترة واحدة من مليون فى الثانية، تكون مثل مقارنة الثانية بفترة طولها ألف سنة !

ولذلك فليس من العجيب أن الرنينيات لا تترك مسارات مرئية، لأنه حتى إذا تحركت بسرعة الضوء فلن تستطيع التحرك بأكثر من قطرها البالغ الضآلة، وحيث أنه من الصعب الاعتقاد بوجود شئ يموت قبل أن يتحرك من مكان مولده، حتى لو سار بسرعة الضوء. ولهذا السبب كان معظم علماء الفيزياء غير متقبلين لحقيقة وجود الرنينيات، عندما اكتشفت فى أوائل الخمسينيات من القرن العشرين.

وكان عمل «أنريكو فيرمى» وفريقه بجامعة شيكاغو بالولايات المتحدة، أول إعلان عن «الرنينيات» فقد أرادوا أن يدرسوا تفاعلات البيون مع البروتون لاعتقادهم أن هذه هى الوسيلة المثلى لتفهم القوة النووية، وتلخصت تجاربهم فى إطلاق البيونات على أهداف من البروتونات فى الهيدروجين السائل، داخل معجل «السنكروسيكلوترون»(*) مر كثير من البيونات

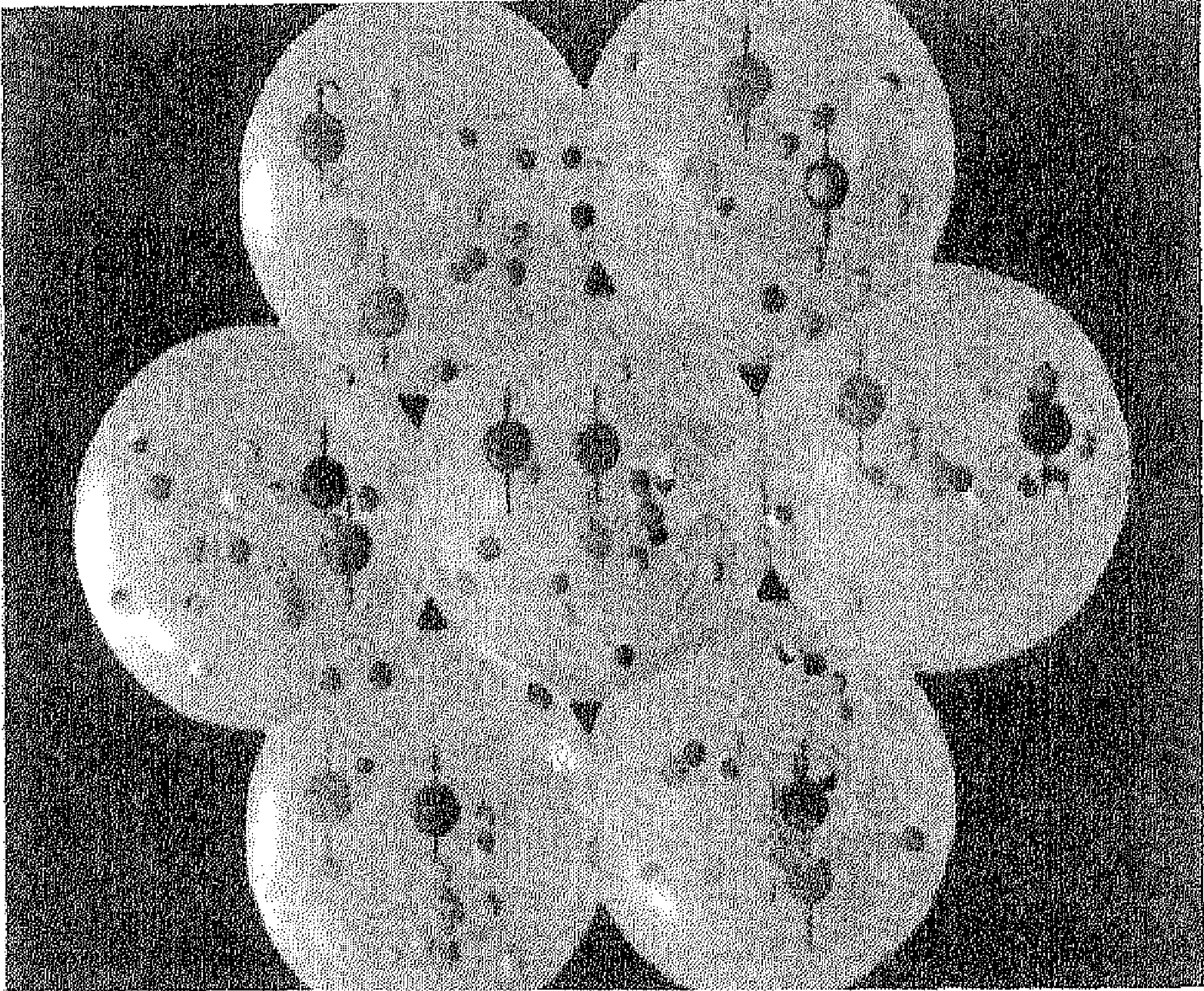
(*) معجل «السيكلوترون» يزيد سرعة الجسيمات المشحونة زيادة هائلة، بفعل مجال كهربائى سريع التردد ومجال مغناطيسى ثابت، أما «السنكروسيكلوترون» فهو نوع حديث من هذه المعجلات، ويتميز بأن تردد المجال الكهربائى فيه، يتعدل باستمرار ويؤدى هذا إلى أن تبلغ سرعة الجسيمات فيه مقادير مروعة.

خلال فراغ ذرة الهيدروجين. بينما أرتد البعض الآخر أو تم امتصاصه، وأمام الهدف توجد قطعتان صغيرتان براقتان بقطر ٢,٥ سم لتسجيل عدد البيونات القادمة. بينما يوجد فى المؤخرة قطعتان كبيرتان لتسجيل عدد البيونات التى عبرت الهيدروجين.

وقد وجد الباحثون أنه كلما زادت طاقة البيونات، قل عدد الجسيمات التى تصل لأجهزة الوميض خلف الهدف، ويحدث هذا التأثير فى حالتى شحنة البيونات الموجبة والسالبة، وإن كانت تلاحظ أكثر مع ذات الشحنة الموجبة، ويبدو أن «فيرمى» وفريقه قد توصلوا بلمحة قصيرة إلى أول ظاهرة ستكون معروفة على أوسع مجال لعلماء الفيزياء والمهندسين وهى «الرنين».

ويحدث الرنين علبى مستوى الذرة، فتمتص ذرة الصوديوم طاقة الكهرباء من ضوء الشارع ثم تشعها فى صورة ضوء، وكل نظم الرنين لها خاصية امتصاص الطاقة بنفس الطريقة، وإذا خططنا رسماً بيانيًا لامتصاص الطاقة، نرى أنه يرتفع حتى القمة حسب تغيرات طول الموجة «الذبذبة» ثم يهبط مرة ثانية.

إن الرنينيات موجودة لأن البروتون والبيون وغيرهما، مكونة من جسيمات أصغر هى الكواركات، وبنفس الطريقة التى تعيد بها الإلكترونات تنظيم نفسها، تحدث حالة رنين للذرة، وكذلك تؤدى الكواركات إلى حالة رنين للجسيمات المكونة منها.



إن النظريات الجميلة للمادة والقوى التى تنتج قد أنشأت على أساس صلب من القياس والملاحظة، وقد أجريت القياسات وأقيمت التجارب، وأنطلقت التقنيات فى القرن الحادى والعشرين إلى حدود أرحب جديدة، لأن الناس يفكرون ويتساءلون ويجب أن يحدونا الأمل في المستقبل، وأن هناك فرصًا عديدة للإجابة على هذه الأسئلة،و وأن الفيزيائيين يقومون بعمل مفيد ورائع.

«الميونات».. الجسيمات المذهلة

ربما تكون قد تساءلت فى يوم ما، وأنت تتابع الاكتشافات العلمية المتلاحقة فى مجال الجسيمات دون الذرية : كيف يشرع العلماء فى اختبار صحة النظريات واكتشاف جسيمات جديدة ؟

فى السنوات الباكرة لفيزياء الجسيمات، اعتمد العلماء على العمليات الطبيعية التى تنشئ الجسيمات دون الذرية، مثل النشاط الإشعاعى Radioactivity الذى تنحل فيه النوى ذات التكوينات غير مستقرة من البروتونات والنيوترونات، وتطلق الكترونات ونوى الهليوم (جسيمات ألفًا) Aplha Particles وأشعة جاما Gamma Reys ووفرت الأشعة الكونية المصدر الآخر للجسيمات.

«الميونات».. والإشعاع الكوني

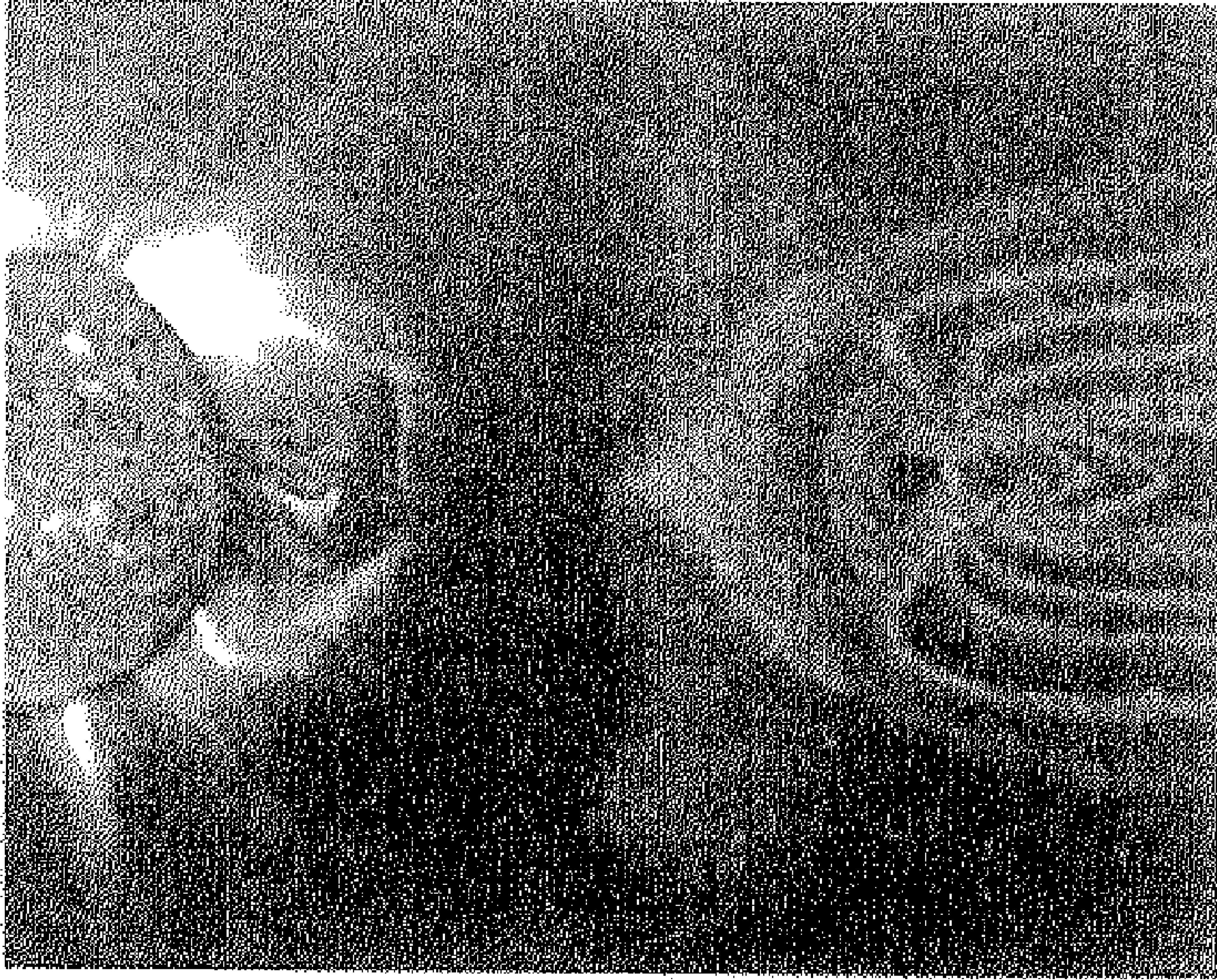
وكان كل ما أراده العلماء ايجاد آلات يمكنها تحطيم نوى المادة العادية، والكشف عما بداخلها. لكن التغلب على «القوة الشديدة» النووية الجبارة التى لا يحس بها إلا الكواركات

Quarks يتطلب طاقات مروّعة، والطريقة الواضحة لتحقيق ذلك هى ضرب النوى المستهدفة بإلكترونات وبروتونات فائقة السرعة على أمل طرقها بعنف لتفتح أبوابها، وتكشف عن أسرارها، ويشبه ذلك إلى حد ما اصطدام سيارة بجدار بهدف أن يعرف كيف يعمل محركها ؟

إلا أن الفيزيائيين توصلوا إلى بعض الاستنتاجات فائقة الدقة عن طريق اكتشاف الجسيمات دون الذرية التى تنطلق من عقالها إثر الاصطدام وتحديد المسار الذى تسلكه.

وعمومًا فإن النشاط الإشعاعى من الملامح الأساسية فى تطبيقات البروتونات والنيوترونات والبيونات Pions والبوزيترونات Positrons (أى الإلكترونات المضادة ذات الشحنة الموجبة، وكانت أول مثال للجسيمات المضادة التى تحمل خواص معاكسة لتلك التى تحملها الجسيمات المعتادة). إن عدم الاستقرار يلعب دوراً فى كل من إصدار الجسيمات (كما فى حالة البوزيترون) وفى تأثيراتها المفيدة (كما فى العلاج السرطانى

بواسطة «البيونات» التى تقوم باتلاف المادة الوراثية «دنا» DNA داخل نواة الخلية السرطانية) .. ومن الجسيمات غير المستقرة الأخرى، جسيم الميون Muon .



إن «الميونات» هي مادة الإشعاع الكونى Cosmic Radia-tion ، وعندمـا تصطدم النوى الذرية القـادمـة من الفـضـاء الخارجى، بطبقات الجو العليا فتنتج بقايا من البيونات، وسرعان ما تتحلل البيونات لتعطى رذاذاً من «ميونات» موجبة وسالبة، التى تتـسـاقط على الأرض بشكل مـسـتـمـر. ولكن «الميـون» ليس بالجسيم المستقر، إذ تضمحل «الميونات» السالبة إلى الكترون ونيوترينو مضاد. أما «الميونات» الموجبة فتضمحل إلى بوزيترون ونيوترينو ونيوترينو مضاد، ويحدث هذا فى خلال ٢,٢ ميكروثانية (الميكروثانيـة = جـزء من مليـون من الثـانيـة)، عندمـا تكون «الميونات» فى حالة سكون. وتمتد حياة «الميون» إذا كان نشطاً سريع الحركة. إن غالبية «ميونات» الأشعة الكونية، تضمحل أثناء رحلة إنطلاقها خلال الغلاف الجوى، ولكن أكثرها طاقة يبقى المدة الكافية التى تجعله قادراً على اختراق مئات الأمتار تحت سطح الأرض (الإضمحلال تحوّل نووى مقرون بانبعاث الطاقة من النواة).

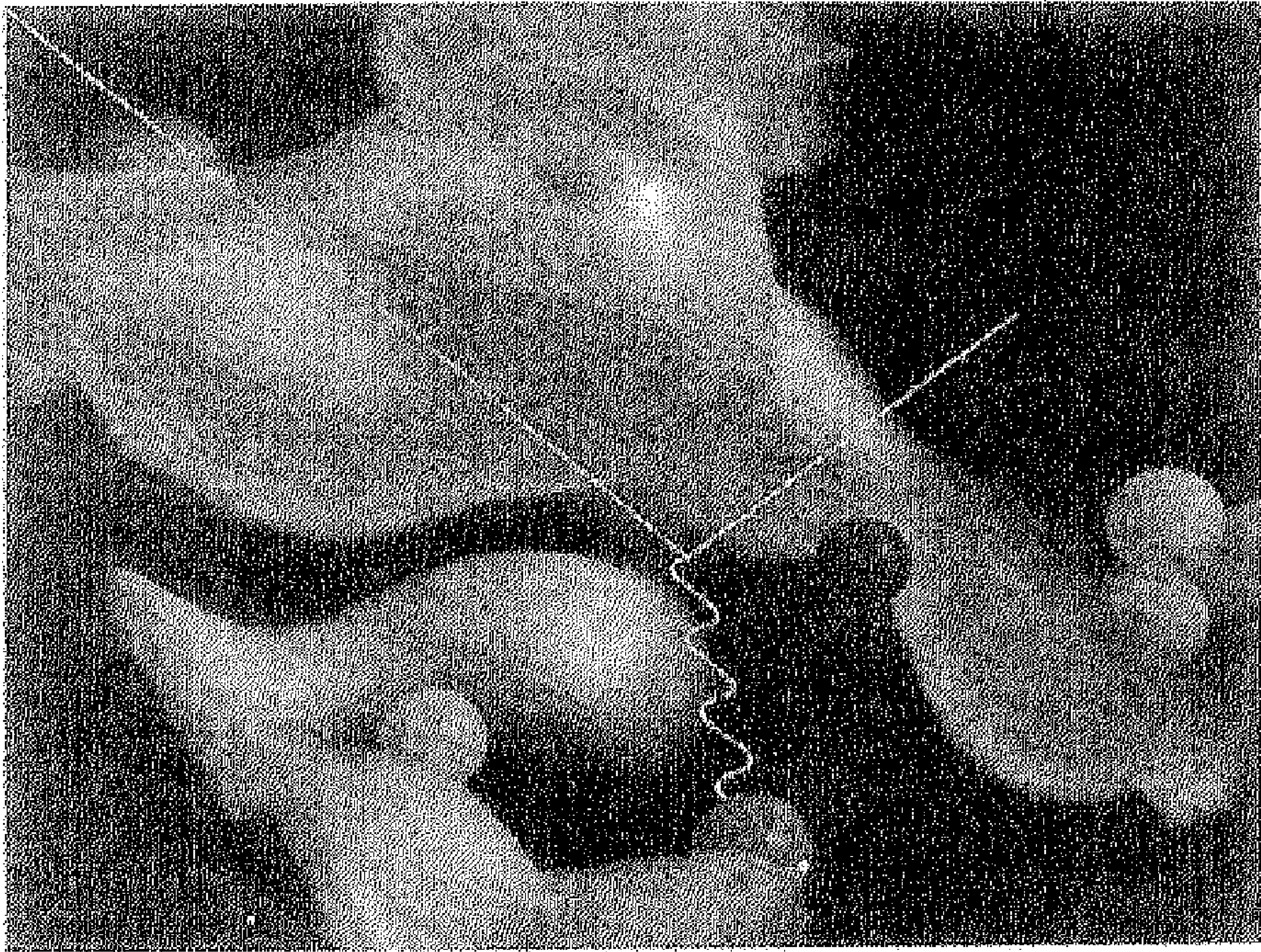
الاضمحلال..في ميكروثانية

و «الميون» – مثله مثل البروتون – ذو شحنة كهربائية دوّارة، وهو بذلك يعمل كمًا لو كان مغنطيسًا دون ذريًا. وعلى العكس من البروتون، فإن «الميون» يضمحل سريعًا ويطلق الكترونًا أو بوزيترونًا، حسب شحنته.

وما أن يصل «الميون» إلى داخل المادة، حتى يبقى لحوالى ميكروثانية فقط، قبل أن يضمحل، ولكنها فترة كافية للمجالات المغناطيسية داخل المادة للعمل، وبقياس اتجاه الجسيم الصادر بعد ميكروثانية فإنه يمكننا معرفة شئ عن المجالات المغناطيسية الداخلة فى المادة وحيث إن مغنطيس «الميون» له اتجاه ثابت – عند مولده من إضمحلال البيون – فإن حزمة من البيونات، يمكن أن تصدر حزمة من «الميونات» الموجبة، والتى تكون فيها جميع مغناطيساتها متجهة إلى نفس الاتجاه.

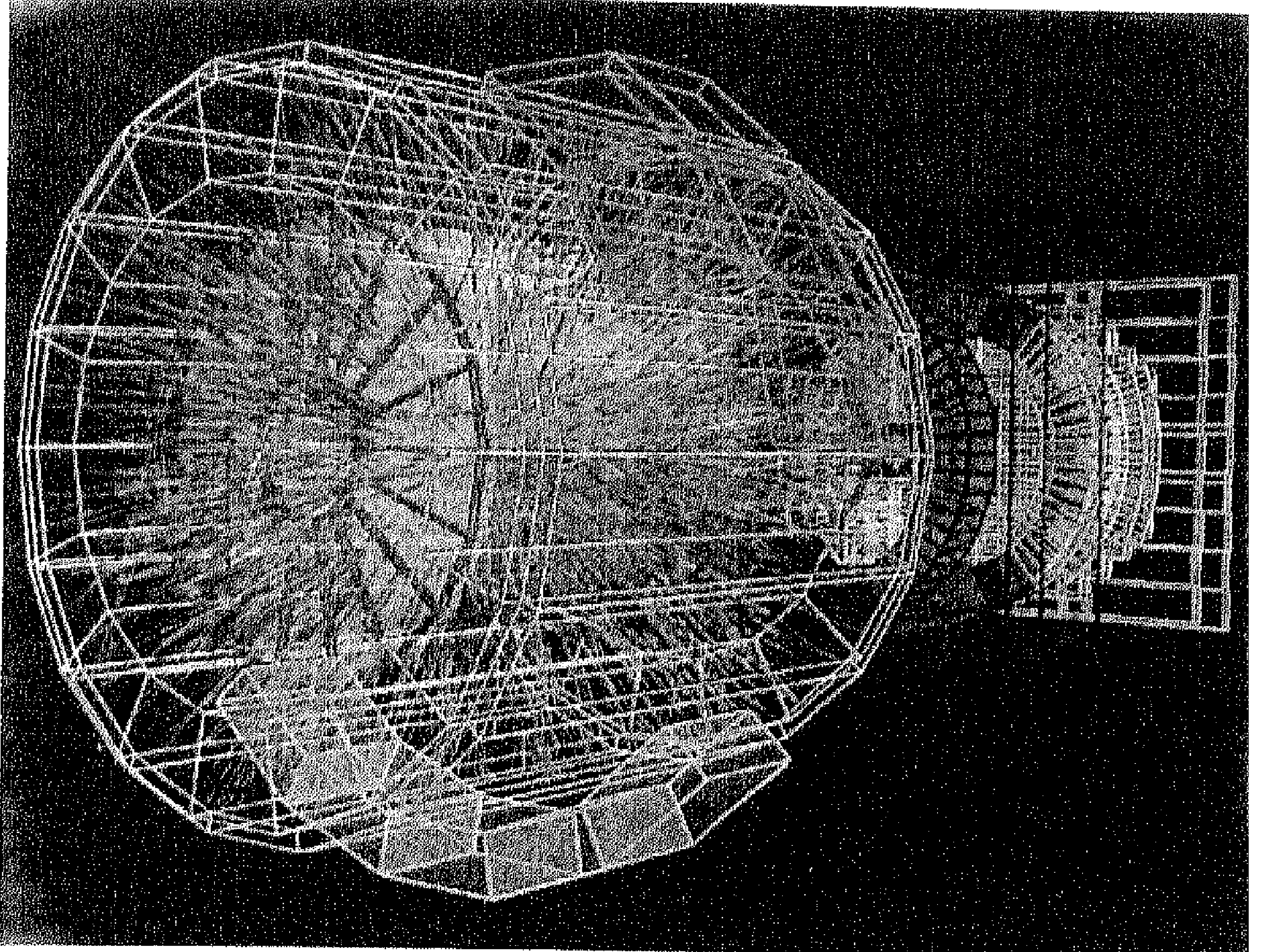
وتستخدم حزم «الميونات» الموجبة – على سبيل المثال – لمعرفة تركيب المركبات الهيدروكربونية Hydrocarbon (مركب

عضوى يتكون من الكربون والهيدروجين فقط)، وتعمل «الميونات» الموجبة كيميائيًا، كما لو كانت بروتونات خفيفة الوزن، وتلتصق بالإلكترونات الموجودة فى المجموعات الكيميائية النشطة. ويعطى قياس تأثيرات «برم» Spin «الميون» إجابة عن الطريقة التى تتحد بها البروتونات بهذه المجموعات الكيميائية ويجرب بعض علماء الفيزياء طريقة أكثر تطلعًا لتطبيق «الميونات» فى مساعدة تفاعلات الإندماج النووى يتم ذلك بإطلاق طاقات نووية كبيرة خالية من الخاطر، التى تنجم عن تفاعلات الإندماج النووى.



ويتكون وقود مفاعلات الإندماج النووى من خليط من نوعين ثقيلين من الهيدروجين، همـا الديوتريوم Deuterium و «التريتيوم» Tritium وتحتوى كل من هذه النويات على بروتون واحد، كما هو الحال مع الهيدروجين، ولكن الديوتريوم يحتوى أيضًا على نيوترون، بينما يحتوى التريتيوم على نيوترونين اثنين.

ولو أمكن أن تقترب هاتان النويتان من بعضهما البعض، بالقدر الكافى للتغلب على الطرد المتبادل بينهما، والناتج من تشابه شحنتيهما الموجبتين، فإنهما يندمجان معًا مكونين نواة عنصر «الهليوم -٤» الذى يتركب من بروتونين ونيوترونين، ويكون النيوترون الثالث من النواة الأصلية «احتياطيًا». ويتطلب الهليون - ٤ طاقة أقل حتى يتماسك بالمقارنة بما كان مطلوبًا لنويات الديوتروم والتريتيوم المنفصلة، وهكذا فإن عملية الإندماج النووى، تطلق الطاقة التى يحملها النيوترون الاحتياطى.



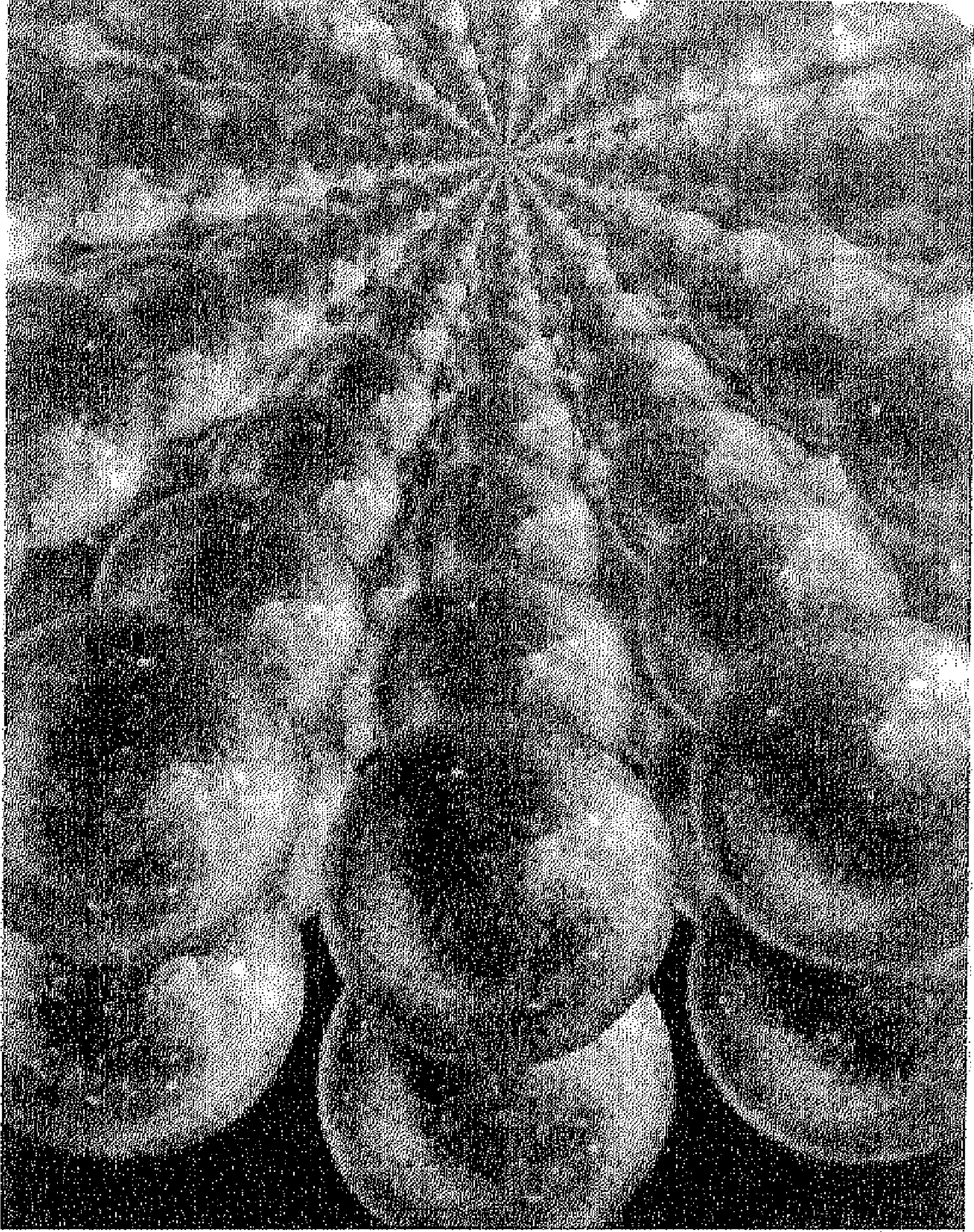
«الميون» والإندماج النووي

إن فكرة الإندماج المساعد بواسطة «الميون» هو الاستفادة من تشابه «الميون» مع الإلكترون للتقريب ما بين نويات الديوتريوم والتريتيوم، حتى يتم الإندماج بينهما.

وفى الحقيقة فإن «الميون» يمكنه أن يحل محل الإلكترون فى الذرة. ولكن لأن «الميون» أثقل بكثير من الإلكترون، فإنه يبقى قريباً من النواة، ويتحرك فى مدارات أقصر.

إن إدخال ميون إلى خليط من الديوتريوم والتريتيوم، سوف يوحده مع نواة التريتيوم، ليكون شيئاً صلباً متعادلاً يشبه فى بعض الصفات النيوترون، ولكنه أثقل ثلاث مرات.

ويمكن لهذا «الشئ» المتعادل أن يخترق جزئ الديوترروم (الذى يتكون من ذرتين ويلصق نفسه بأحد نويات الديوترروم) وبهذا يكون المسرح معداً لتفاعل الإندماج، الذى يحرر فيه الميون، حتى يقوم ببدء المزيد من الإندماجات قبل أن يضمحل فى النهاية بعد ٢,٢ ميكروثانية.



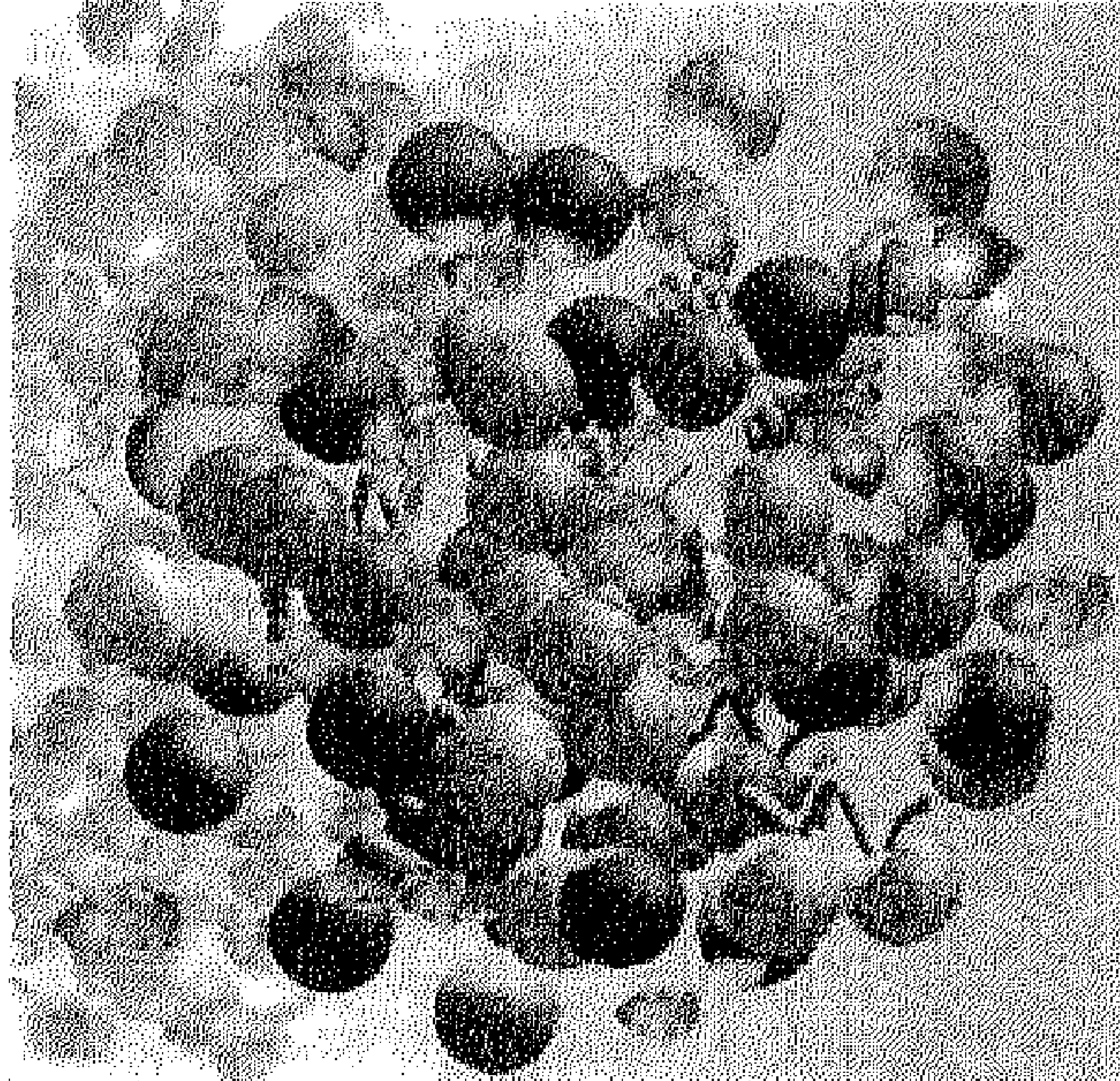
وكان الهدف من وراء الاستكشافات الجيولوجية باستخدام «الميونات» الناتجة من تفاعلات النيوترينو Neutrino Interaction، هو متابعة «الميونات» الناتجة من النيوترينوات، أثناء انتقالها عبر الصخور تحت سطح الأرض.

وتكون «الميونات» ذات الطاقة العالية التى تتكون بهذه الطريقة ذات قدرات اختراقية عالية. كما يمكنها الخروج من الصخور حتى تصل إلى كاشف Indicator مناسب، والمعروف أن العناصر الثقيلة مثل اليورانيوم يميل إلى إصدار المزيد من «الميونات» بالمقارنة بالصخور المحيطة بها، وهكذا يمكن التعرف على هذا العنصر.

قد يكون علم فيزياء الجسيمات Particle Physics من العلوم الأكاديمية، ولكنه علم تطبيقى وعملى أيضًا. وعلينا أن نحيا دائمًا على الأمل، أمل الفرصة للإجابة على الأسئلة التى تشغل الذهن الإنسانى. والرأى عندى أن الفيزياء سوف تشهد المزيد من الاكتشافات المذهلة فى هذا القرن.

حركة نقطة الصفر.. والمتذبذبات الكمّية

المعروف أن الأنفاق الكونية Wormholes يمكن أن يتم صنعها مسبقًا فى الطبيعة. فلقد اكتشف العلماء أن الجاذبية يمكن أن تخلق مناطق من «الفراغ المضغوط» Squeezed Vacuum تتميز بوجود الطاقة السالبة، التى يمكن أن تتكون داخلها أنفاق كونية طبيعية. ولكى نتفهم تلك النتيجة الجديدة، علينا أن نناقش «ضغط» حالات ميكانيكا الكم.

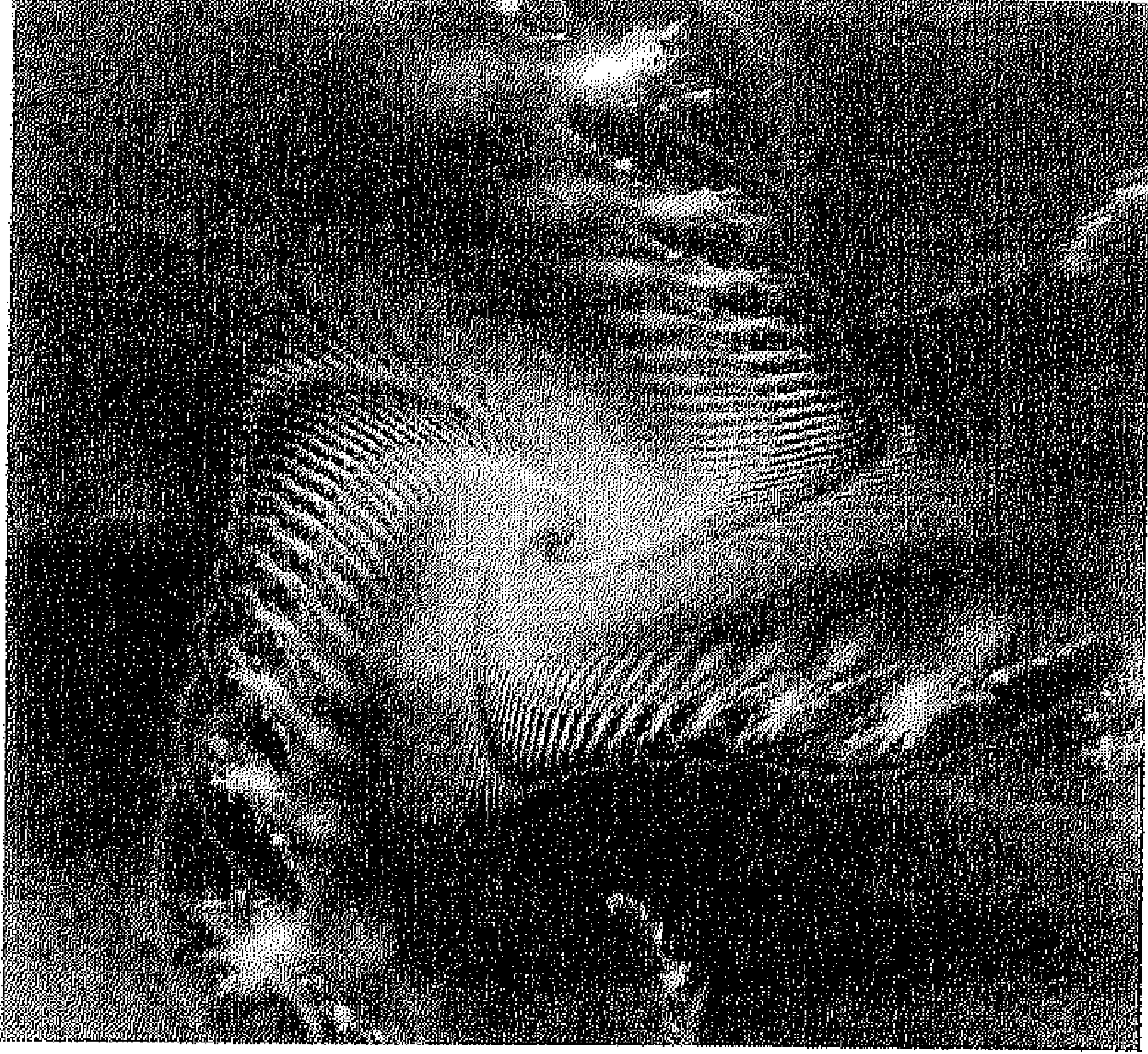


فى ميكانيكا الكم، يتطلب مبدأ اللايقين Uncertainty principle لها يزنبرج لبعض الأزواج «المترافقة» Conjugate من المقادير الممكن قياسها (مثلاً الموضع وكمية الحركة أو الطاقة والزمن) ألا يقل أبداً ناتج اللايقينيات من ضرب مقدارين مترافقين عن حد أدنى لا يمكن إنقاصه، ويحدده ثابت بلانك Planck's Constant. فعلى سبيل المثال، إذا حاولنا قياس موضع أحد الإلكترونات بدقة بالغة، فإننا نجد أنه بوسعنا إنجاز ذلك، ولكن على حساب كمية التحرك المقاسة لنفس الإلكترون التى تصبح لا يقينية كنتيجة لقياس الموضع بدقة.

وهناك طريقة أخرى تكون القياسات بموجبها مقيدة بميكانيكا الكم، تسمى «حركة نقطة الصفر» Zero - Point motion تخيل منظومة تقليدية بسيطة (أى منظومة ميكانيكية لا كمية) يمكنها أن تتذبذب – مثل بندول – يتأرجح إلى الأمام وإلى الخلف. يمكن لهذا البندول أن يتأرجح بقوة بطاقات كبيرة أو يتأرجح بضعف بطاقات أقل. إلا أن هذا البندول يكون له أدنى طاقة وقدرها صفر، عندما يتوقف تأرجحه ويثبت وزنه رأسياً إلى

أسفل.

ويكون للمكافئ الميكانيكى الكمى للبندول المتذبذب، اختلاف هام عند الطاقة صفر. إذ لا يستطيع أن يتذبذب بأى طريقة يريدها، وإنما يسمح له بأن يتأرجح فقط فى بعض «حالات» أو أنماط التأرجح. وأنماط التأرجح هذه مكميّة Quantized أى مكونة من مجموعة من أجزاء منفصلة، لكل منها كيان قائم بذاته. ولا يمكن تغيير طاقة المنظومة إلا بقفزات كميّة تنقل منظومة البندول الكمى، من أحد أنماط التذبذب إلى نمط أخر، والجانب المثير فى هذا المتذبذب الكمى أنه لا يمكنه التوقف. إذ إن أدنى حالة من حالات الطاقة لا تتطابق مع الطاقة صفر، وإنما مع نصف فجوة الطاقة للحالة التالية. ومن ثم فإن المنظومة ذات الطاقة صفر، لا يمكن أن تكون فى حالة سكون أبداً، وحتى عند إزالة كل الطاقة الممكنة من المنظومة، فإنها تظل فى حالة «حركة نقطة الصفر» أى الحركة التى تحتفظ بها، بعد نزع كل الطاقة الممكن إزالتها منها.



المتذبذبات الكمية

وفى منظومة الكم الأكثر تعقيداً والتى تحتوى على العديد من المتذبذبات الكمية نصف المستقلة Semi - independent تعبر حركة نقطة الصفر عن «الضوضاء» (أى الاضطرابات التى لا رغبة فيها) الكميّة المتراكبة على أى قياس للمنظومة وإذا بذلت أى محاولة لتبريد المنظومة، بتصريف الطاقة الحرارية فيها،

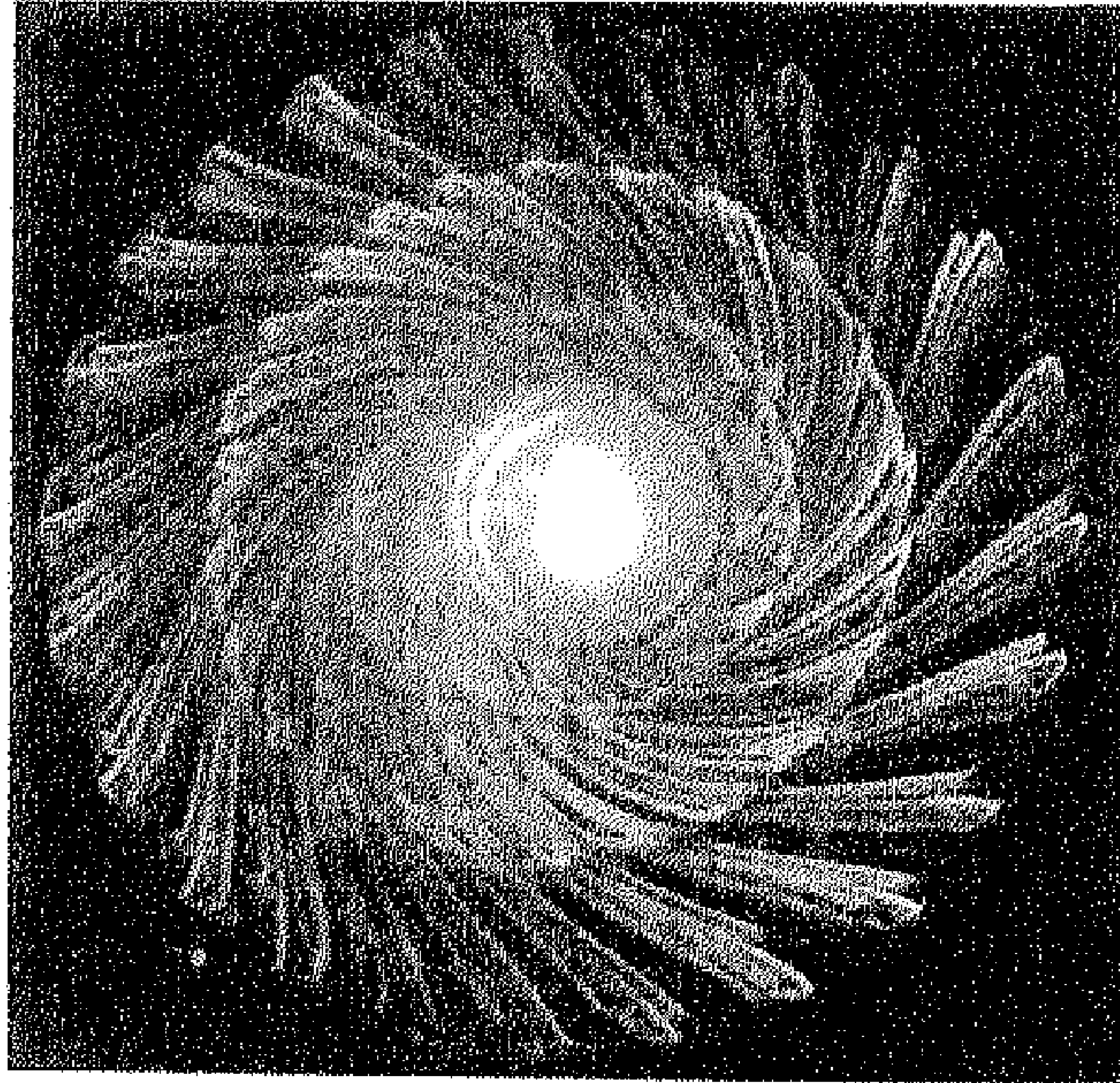
فإن حركة نقطة الصفر تمثل أدنى مستوى أى الحد الذى لا يمكن استمرار التبريد أقل منه.

لكن ثمة حيلة لتبريد المنظومة أقل من هذا الحد. ففى ميكانيكا الكم تكون الطاقة وتردد المتذبذب الكمى قابلين للتبادل، أى يمكن وضع أحدهما أو استعماله مكان الآخر، وهما لا يختلفان عن بعضهما البعض إلا بمضاعف ثابت Con- stant Multiplier . والمضاعف هو أداة لمضاعفة أثر كالحرارة. كما أنه فيما يتعلق بمبدأ اللايقين لها يزنبرج، فإن المتغير المترافق للتردد هو «الطور» Phase (جزء متجانس من مادة ما، يوجد فى منظومة غير متجانسة ويمكن فصله عن هذه المنظومة ميكانيكيا) وبتعبير آخر، زاوية البدء لذبذبة كمّ منفرد.

ولأنه من الصعب قياس زاوية الطور، يتم تجاهلها فى وصف المنظومات الكميّة المعقدة، ومع ذلك فإن لزاوية الطور استخداماتها، فلقد اتضح مؤخراً، أنه فى كثير من المنظومات الكميّة يمكن خرق حدود دقة القياسات التى تفرضها حركة نقطة الصفر، عن طريق تحويل ضوضاء التردد إلى ضوضاء الطور

مع الاحتفاظ بالنتيجة فى الحدود التى يوجبها مبدأ اللايقين، مع تقليل التغيرات فى التردد (وبالتالى فى الطاقة).

ولو طبقنا هذا الأسلوب على شعاع ضوئى، فإن النتيجة تسمى «الضوء المضغوط» Squeezed Light . ولقد أوضحت الأبحاث العلمية الحديثة فى مجال البصريات الكميّة Quantum Optics باستخدام الضوء المضغوط أن القياسات القديمة لحدود الضوضاء – التى لم يكن من الممكن خرقها من قبل – أصبح الآن من السهل تجاوزها، إلا أن تأثير الضغط الذى استقصاه العلماء، لم يكن للضوء ولكن للفراغ.



كيف حدث هذا الأمر؟

تخبرنا نظرية «الديناميكا الكهربائية الكمية» Quantum Electeodynamics أن الفراغ (أى الفضاء الخالى من كل شئ) عند دراسته بإمعان عند قرب شديد، يتضح أنه ليس خاليًا على الإطلاق، وإنما يضطرب بنوع من «الألعـــاب النارية» الفضائية تسمى «تقلبات الفراغ» Vacuum Fluctuations إذ تظهر ومضات أزواج الجسيمات الإفتراضية Virtual (جسيمات تنبعث وتمتص فى العمليات الإفتراضية أى غير المحققة) والتى لا تخضع لقاعدة بقاء الطاقة التى مفادها أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث، ولكنها تتحول من صورة إلى أخرى، مثال ذلك تحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية، وتكون هذه الجسيمات الإفتراضية من أنواع متعددة تنبعث إلى الوجود باستمرار، ثم تعيش لفترات بالغة القصر على حساب طاقتها - وفقًا لمبدأ اللايقين - بعدها تفنى وتختفى، عندما تستحق فاتورة ديونها من الطاقة السداد، بعد بضع بيكوات من الثانية (بيكو ثانية = واحد على مليون من مليون من الثانية أى ١٠$^{-١٢}$) أو فيمتوات من

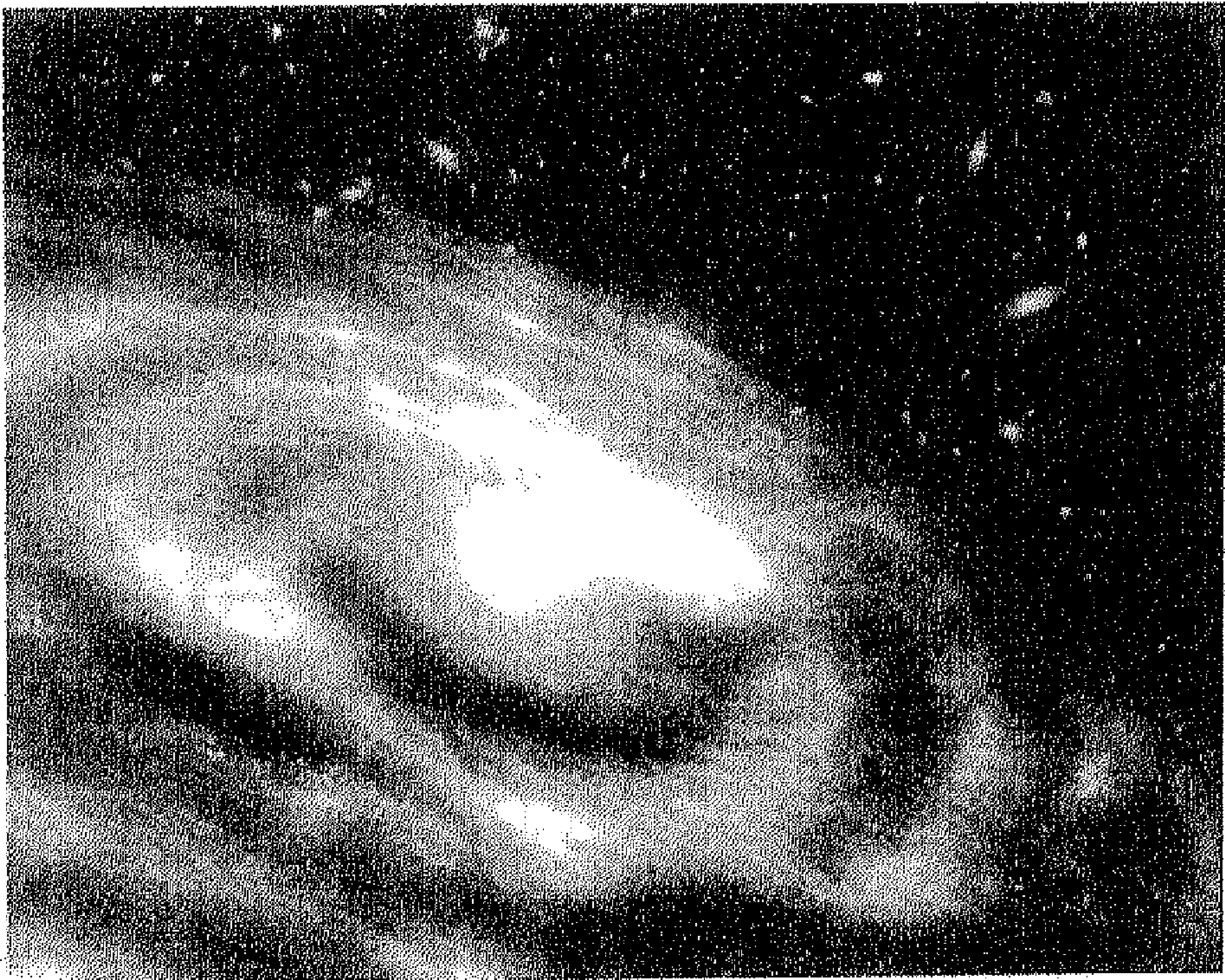
الثانية (فيمتو ثانية = واحد على بليون من مليون من الثانية أى ١٠^-١٥).

ضغط تقلبات الفراغ

ومن الممكن ضغط تقلبات الفراغ، بنفس الطريقة التى يتم بها ضغط أشعة الضوء أو المنظومات الذرية، والنتيجة هى الحصول على فراغ تقل طاقته عن الصفر، أو بتعبير آخر الحصول على منطقة من الطاقة السالبة Negative Energy ، من النوع المطلوب تماماً لجعل النفق الكونى Wormhole مستقراً.

واستخدام العلماء أسلوباً مستخلصاً من النظرية النسبية العامة، لبيان أنه فى غضون فترة زمنية معينة يتم ضغط الفراغ فى وجود مجال تجاذبى، وأنه بالقرب من الأجسام ذات الجاذبية الهائلة - مثل الثقوب السوداء - يحدث ضغط مروّع لتقلبات الفراغ لكل الأطوال الموجية، لأكبر من نحو نصف قطر شفارز شيلد Schwarzschild الذى يساوى ضعف ثابت الجاذبية × كتلة النجم على ضعف سرعة الضوء ولو أخذنا شمسنا كمثال فإن

نصف قطر شفارز شيلد بالنسبة لها = ثلاثة كيلو مترات (إذا فرضنا أنها ستتحول إلى ثقب أسود) مع العلم بأن نصف قطرها فى الوقت الحاضر نحو ٦٩٦,٠٠٠ كيلو متراً. وبالنسبة لثقب أسود تعادل كتلته نجم متوسط الحجم (وهناك ثقب أسود فى مركز مجرتنا «الطريق للبنى»)، فإن هذا الضغط لا يكون مثيراً للاهتمام، لأن الأطوال الموجية التى تزيد على ٥ كيلو مترات (مثل الموجات اللاسلكية ذات الأطوال الموجية الكبيرة) هى التى تتأثر.



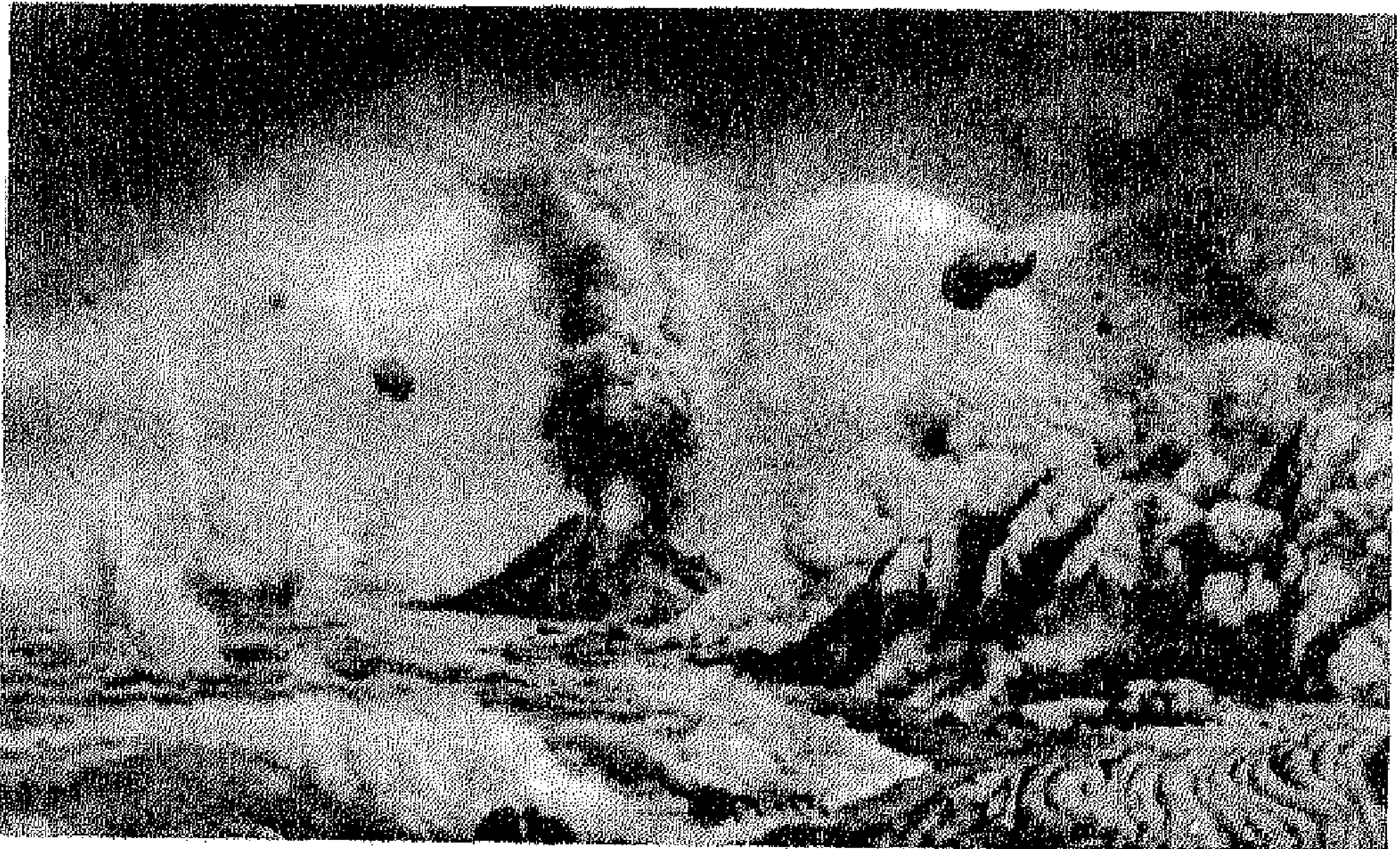
ومع هذا، فإن المراحل الأولى من الأنفجار الأعظم Big Bang الذى ميّز بداية خلق الكون - خلقت عدداً هائلاً من الثقوب السوداء الكميّة Quantum Black Holes التى تعادل كتلتها «كتلة بلانك» Planck Mass (والتى تبلغ نحو $١٠^{-٨}$ كيلو جرامات) وبالقرب من هذه الثقوب السوداء الكمية البالغة الضآلة، يمكن ضغط جميع الأطوال الموجية الأكبر من «طول بلانك» Plank Length (والذى يبلغ نحو $١٠^{-٣٣}$ سم)، أو بتعبير آخر كافة الأطوال الموجية التى تهمنا فى تقلبات الفراغ، ويخلق هذا منطقة هائلة من الطاقة السالبة من نفس النوع الذى يمكن أن يؤدى إلى استقرار النفق الكونى، ومن ثم استخدامه بأمان.

وربما تكون تلك الأنفاق الكونية - التى خلقت فى الانفجار الأعظم أثناء مرحلة تمدد الكون وما بعدها - مازالت موجودة حولنا فى الوقت الحاضر وتنتشر عبر مسافات صغيرة أو هائلة فى الفضاء، فى انتظار اكتشافنا لها وتوسيعها إلى الحجم المناسب، وربما تعمل على توصيل أحد الأكوان بكون آخر، والذى يكون منفصلاً تماماً عنه.

لكن ليس من الممكن أن يكون للطرفين المنفصلين للنفق الكونى نفس المواصفات من السرعة والتسارع والتباطؤ الزمنى النسبى، وبالتالى يكون ثمة فرق حتمى فى مواضع مدخلىّ النفق الكونى فضائيًا وزمنيًا، وعلى ذلك إذا أمكن العثور على تلك الأنفاق الكونية الطبيعية، التى لا يبتعد مدخليها كثيراً عن بعضها البعض وأمكن توسيعها، فإنه يمكن استخدامها فى السفر عبر الزمن.

باطن الأرض.. لغز جيولوجي

عادة ما تكون الحياة فوق سطح القشرة الأرضية – على المستوى الجيولوجي – هادئة وساكنة إلا من حوادث عارضة مثل الزلازل التى تحدثها «الألواح التكتبونية» Tectonic Plates . وتتعلق الزلازل بتكوين وحركة وتحطيم أجزاء ضخمة من القشرة الأرضية يطلق عليها «الألواح». أما تحت سطح الأرض، فقد اكتشف العلماء حديثًا مناطق مضطربة وثائرة وعالية النشاط على أبعاد عميقة من باطن الأرض. أكثر مما كان يعتقد من قبل وتحتوى هذه المناطق على مواد غريبة وتجرى بها أحداث غير مألوفة. وتمثل فى مجموعها لغزاً جيولوجياً يحاول العلماء سبر غوره.



العمليات الفيزيائية ... في طبقة الوشاح

لاشك فى أن كوكبنا الأرض يكتسب أهمية كبيرة بالنسبة لنا، ومع هذا فإن الكثيرين لا يعرفون معلومات كافية عن تركيب هذا الكوكب، خاصة طبقاته الداخلية، وعمومًا فإنه يمكن تقسيم الكرة الأرضية إلى ثلاثة نطاقات :

- القشرة crust هى الطبقة الخارجية الرقيقة، ويتراوح سمكها من ستة كيلو مترات ونصف الكيلومتر فى بعض قيعان المحيطات إلى خمسين كيلو متراً أسفل بعض سلاسل الجبال، وتتكون صخورها من الحديد والسيليكون والماغنسيوم والألومنيوم.
- الوشاح mantle يلى القشرة إلى أسفل ويبلغ سمكه نحو ألفين وتسعمائة كيلو متر وهو على الأرجح صلب وتزداد كثافته مع العمق.
- اللُّب Core يبلغ قطره حوالى ستة آلاف وتسعمائة كيلو متر وهو بالغ السخونة وعالى الكثافة ويتعرض لضغط مروع، ويقسمه العلماء إلى جزءين :

الجزء الخارجى الذى قد يكون مُسَالاً، والجزء الداخلى الذى يُعتقد أنه صلب ويتكون من فلزى الحديد والنيكل. واكتشف الجيولوجيون أن ثمة أموراً غريبة تحدث فى الأجزاء السفلى من وشاح كوكبنا إذ لاحظوا أن بعض الموجات الزلزالية تنتقل بسرعة أكبر من غيرها، فى طبقات معينة من أدنى طبقات الوشاح، ولكنهم لم يعرفوا سبب حدوث ذلك على وجه الدقة.

ويمكن أن تتسبب آليات متباينة فى أن تنتقل موجات زلزالية معينة أسرع من موجات أخرى. وإذا تمكنا من تحديد نوعية الآليات التى تحدث، فإننا نستطيع التعرف على طبقة الوشاح.

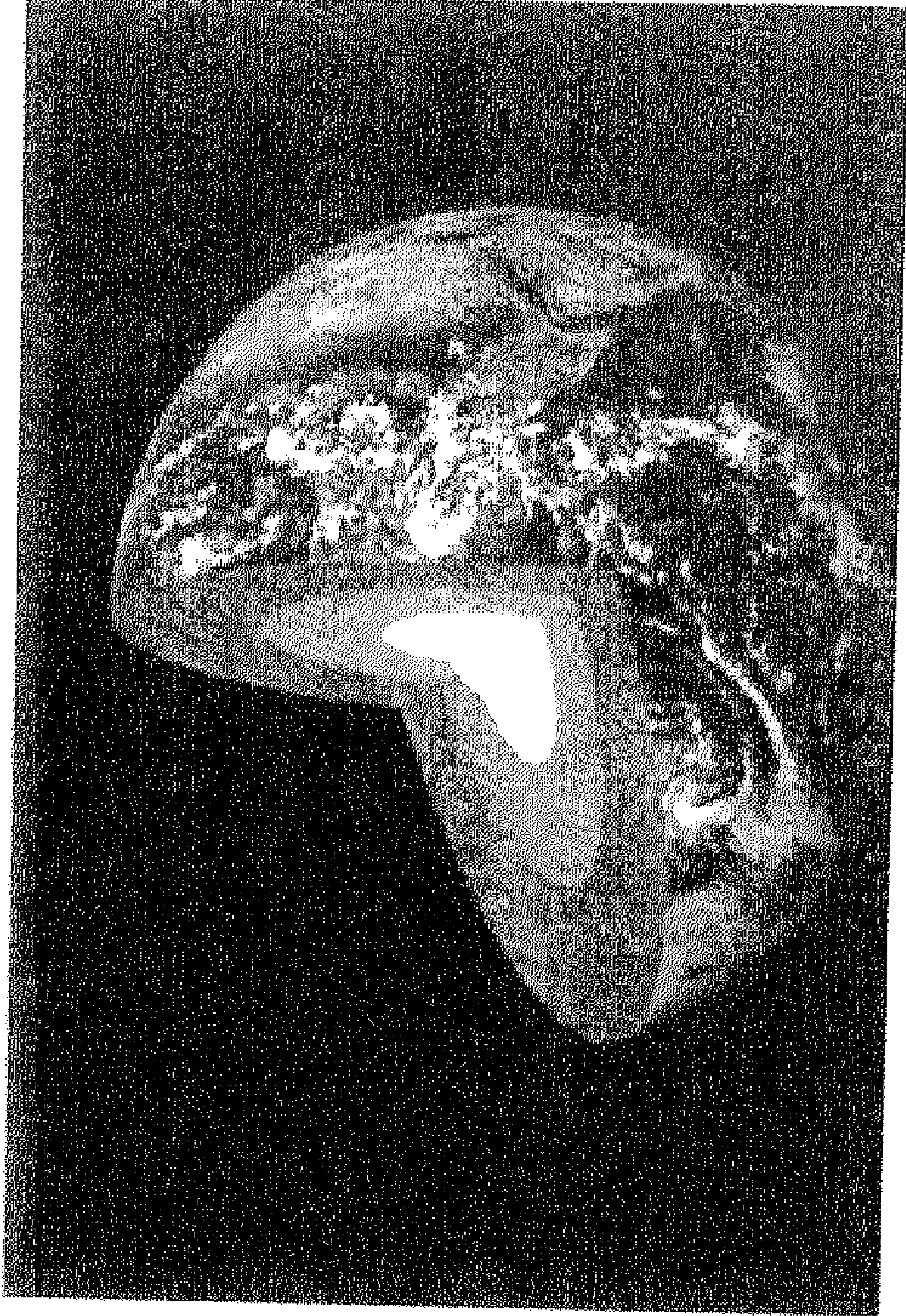
ومن المعروف أن سرعات الموجات الزلزالية - أى موجات الطاقة التى تهز الأرض خلال حدوث الزلزال - تتوقف على كثافة وصلابة الصخور التى تنتقل خلالها الموجات. وهناك تفسيران لمحاولة التعرف على انتقال بعض الموجات أسرع من الأخرى خلال نفس الطبقة من الوشاح. التفسير الأول أن المواد المكونة لهذه الطبقة تتباين فيما بينهما من حيث التركيب

الكيميائى. أما التفسير الثانى فيتعلق بالشكل الذى تتخذه الحبيبات المعدنية فى المواد، التى تمر خلالها الموجات الزلزالية، وكلا من هاتين الآليتين يمكنها أن «تشق» الموجات الزلزالية إلى قسمين أحدهما أسرع من الآخر.

استخدم الباحثون تجارب ونماذج رياضية للتعرف على الآلية التى تعمل فى الطبقة السفلى الساخنة من الوشاح تلك المنطقة التى تمتد من ٦٧٠ إلى ٢٩٠٠ كيلو متر تحت سطح الأرض.

يتسبب الضغط المروّع فى هذه المنطقة فى تكوين معادن تختلف عن تلك الموجودة فى الطبقة العليا من الوشاح، وهى المساحة التى تقع بين القشرة الأرضية والجزء السفلى من الوشاح. ووجد الجيولوجيون أن ترتيب الحبيبات المعدنية - وليس اختلاف التركيب الكيميائى - هو الذى يسبب ذلك السلوك غير العادى للموجة الزلزالية فى الطبقة الدنيا من الوشاح. وكان الأمر المحير، أنه داخل الطبقة الدنيا من الوشاح، لا ترى إلا تلك المساحات على الحدود الفاصلة بين الوشاح واللُّب، فى تلك الأماكن حيث تدفع

ألواح من القشرة الأرضية والطبقة العليا من الوشاح إلى أسفل ثم تتصادم مع الحدود الفاصلة بين الوشاح واللُّب.



من الواضح أن هناك الكثير من الأمور الغريبة تحدث عند الحدود الفاصلة بين الوشاح واللب، لذلك فمن المرجح أن تكون منطقة هامة تؤدى دراستها إلى التعرف على التطور الحرارى والكيميائى لكوكب الأرض كما توضح مثل هذه الأبحاث، كيف أن دراسة الموجات الزلزالية، يمكن أن تفتح نافذة على التحركات الجيولوجية التى تجرى فى باطن الأرض.

لقد تكامل علم دراسة الزلازل seismology وعلم الديناميكا الأرضية geodynamics بشكل ناجح للغاية فى دراسة الطبقة العليا من الوشاح. حيث تقود الملاحظات الأوضح والمعرفة الأدق للبنية التحتية لباطن الأرض، إلى المزيد من الاستيعاب الأفضل للعمليات الفيزيائية. ولكن هذه مجرد الخطوة الأولى تجاه استخدام ،هذا المبدأ فى دراسة الطبقة الدنيا من الوشاح.

كوكب... داخل كوكب

وفى دراسة حديثة تبشر بالمزيد من المعرفة عن أصل وديناميكية لُبّ الأرض الداخلى الغنى بالحديد، أى سلوكه عندما

يتحرك بسرعات متغيرة تحت تأثير قوى توليد المجال المغنطيسى للأرض، لاحظ الباحثون أن خصائص المرونة للحديد – أى قدرته على أن يستعيد شكله الأصلـــى إذا حدث فيه تشوه نتيجة الإجهاد– تتباين عند درجات الحرارة العالية والمنخفضة.

وأدى هذا الاكتشاف المثير للدهشة إلى مراجعة وإعادة النظر فى الصور الزلزالية، التى رُسمت على أساس خصائص الحديد فى درجات الحرارة المنخفضة فقط.

ويمكن للخبير، التنبؤ بخصائص الحديد فى اللُّبْ عن طريق استخدام الكمبيوتر الفائق لعمل نماذج محاكاة simulations بدلاً من الاعتماد على القياس المباشر أو البيانات التجريبية.

وتتعلق هذه النماذج بدراسة بنية الحديد فى ظروف الضغط المروّعة والحرارة اللافحة التى تصل إلى معدل يتراوح بين ٣٧٣٠ و ٦٧٣٠ درجة مئوية.

عندما اكتشف الجيولوجيون – لدهشتهم البالغة – أن خصائص المرونة للحديد تتباين بين الحرارة العالية والمنخفضة، شعروا بمدى الحاجة إلى ايجاد تفسير جديد للصور الزلزالية حتى

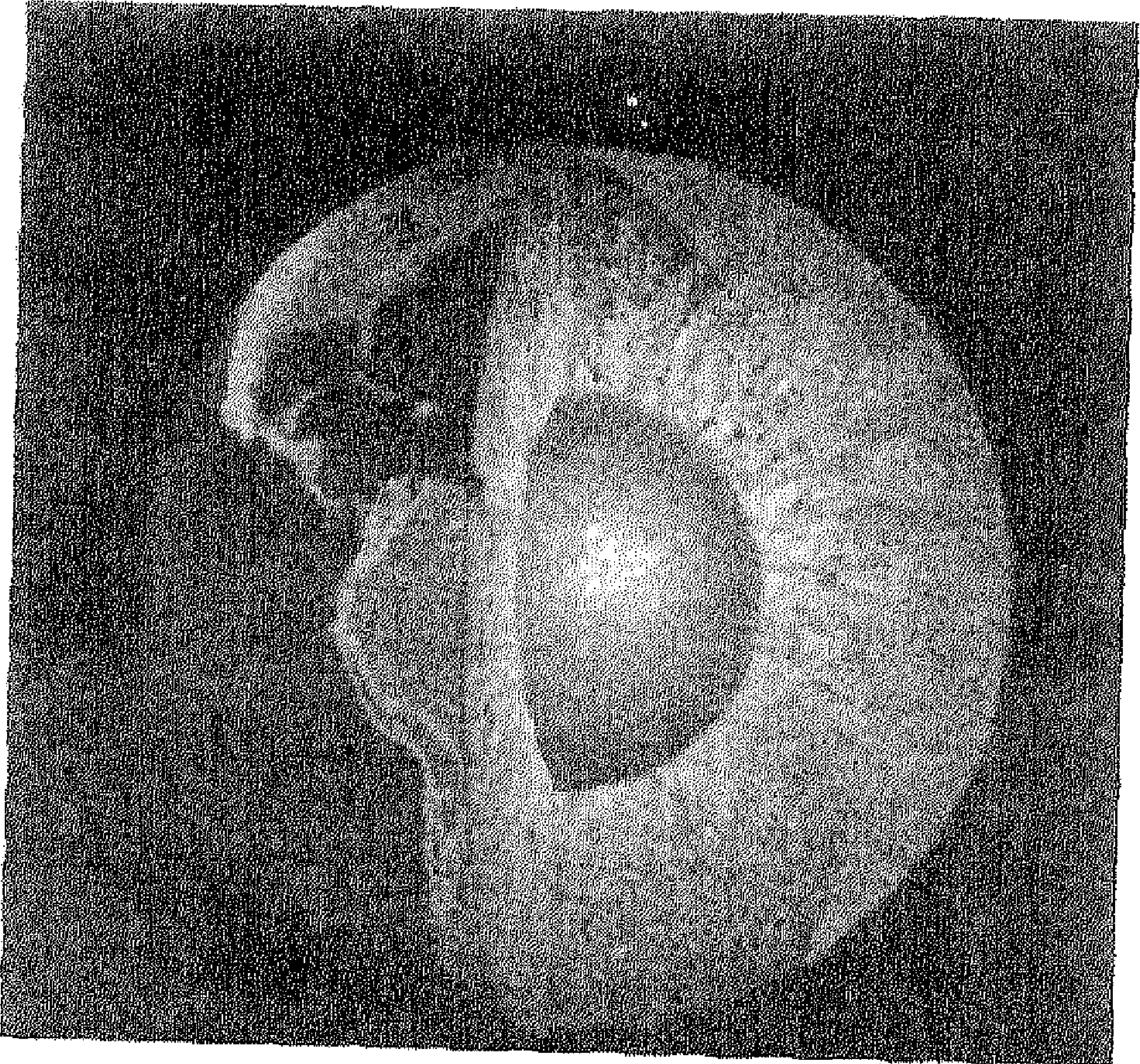
تكون أكثر دقة. وأثناء إجراء العلماء لأبحاثهم تساءلوا :

هل هناك علاقة بين دوران الأرض واللُّبْ ؟ من المعروف أن كوكب الأرض يدور حول نفسه مرة واحد فى اليوم، بينما يدور اللُّبْ الداخلى للأرض بما يزيد على ذلك بثلاث درجات أو نحو ذلك كل عام، وفى خلال ١٢٠ عامًا يكمل الكوكب الداخلى دورة كاملة إضافية (٣٦٠ درجة).

معنى ذلك أن اللُّبْ «المعدنى» يدور بسرعة أكبر من باقى كوكبنا. وهذا اللُّبْ ذو الحرارة المروعة، فى مثل حجم القمر، وهو آخذ فى التضخم إنه مثل كوكب داخل كوكب.

ومؤخراً لاحظ العلماء أن اللب الداخلى متباين الخواص Anisotropy وأن الموجات الصدمية الناجمة عن الزلازل تمر خلاله أسرع فى اتجاه الشمال - الجنوب أكثر من الاتجاهات الأخرى، وأرجع الجيولوجيون السبب فى هذا إلى البنية البللورية للحديد Crystalline structure التى تشمل البنيان الهندسى وترتيب الذرات فى البلورات.

وظروف الضغط الهائل بمركز الأرض التى تزيد على ثلاثة ملايين ونصف المليون مرة عن الضغط فوق سطح الأرض، كما تصل درجة الحرارة إلى معدل يزيد على درجة حرارة سطح الشمس.



كما أوضح العلماء بأن محور التماثل Axis of symme-try للحديد (خط وهمى داخل جسم ما يكون بمثابة محور) يميل بنحو ١٢ درجة عند دوران المحور فى اتجاه الشمال – الجنوب، وقد توصلوا إلى هذا اللا تماثل، عندما قاموا بتحليل السجلات التى قُيِدّ فيها ما يقرب من خمسة عشر ألف زلزال فى كل أنحاء العالم، قامت بإرسال موجات صدمية عبر اللُّبْ الداخلى. ولعل هذا هو السبب فى زيادة سرعة الموجات الزلزالية.

المولد الكهربائي الأرضي

وبالمزيد من البحث عن الدوران الإضافى لمركز الأرض، اتضح مؤخراً أن السبب يرجع إلى قوة لف دورانية تتولد نتيجة التفاعل بين المجالات المغنطيسية للُبْ الداخلى والخارجى. فاللُّبْ الداخلى – الذى يمتد بنحو ٤٨٠٠ كيلو متر تحت أقدامنا ويصطلى بدرجة حرارة تصل إلى حوالى ٣٩٠٠ درجة مئوية – يطلق بإطراد حرارته إلى اللُّبْ الخارجى المسال.

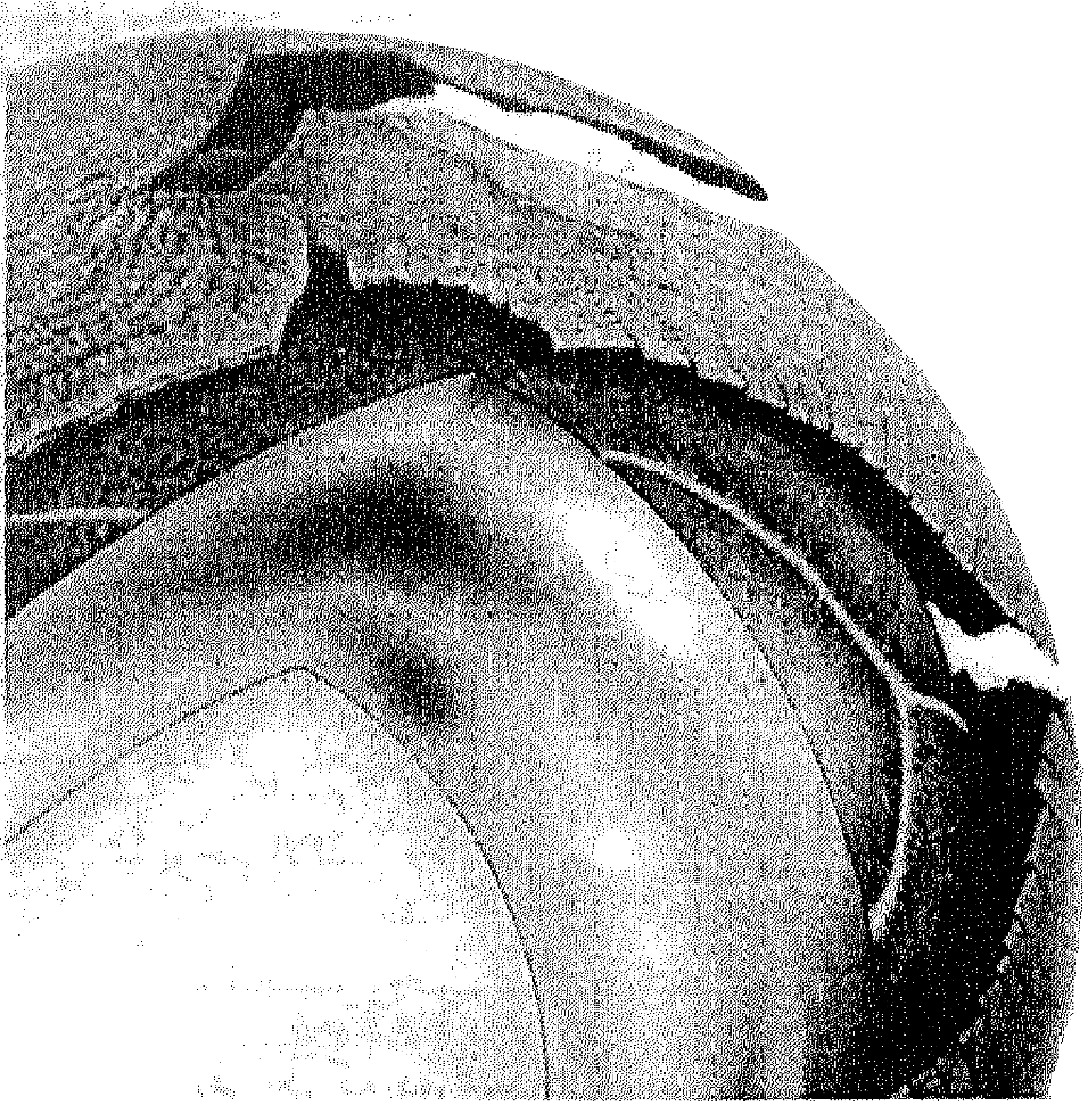
وتؤدى هذه الحرارة إلى حدوث الحمل الحرارى

convection – أى انتقال الحرارة فى اتجاه صاعد – فى اللُّبْ الخارجى، مما يدفع الحديد المسال إلى التحرك كما يفعل الهواء فوق المشع (مجموعة من الأنابيب لتبريد محرك السيارة)، حيث يتحرك السائل الساخن إلى أعلى، وبعد أن يبرد يهبط إلى أسفل.

وعندما يمر الحديد – الموصّل الجيد – فى مجال مغنطيسى فإنه يولّد كهرباء، مما ينشئ «المولّد الكهربائى» فى مركز الأرض. وهذه الكهرباء – بدورها – لها مجالها المغنطيسى الخاص بها، الذى يكون مسئولاً عن اتجاه مؤشر البوصلة إلى الشمال والشفق القطبى، وبعض الظواهر الأخرى فوق سطح الأرض. وتصل قوة المجالات المغنطيسية فى مركز الأرض إلى أكثر من مائتى مرة أكبر من تلك الموجودة عند سطح الأرض، ويخترق المجال المغنطيسى الشديد الموجود فى باطن اللُّبْ الخارجى، المجال الموجود فى اللُّبْ الداخلى مما يوّحد الاثنين معاً.

ويعتقد الجيولوجيون أن هذا التوحيد بين المجالين المغنطيسيين يوفر حركة دورانية كافية، تمد بالطاقة تلك الدورة الإضافية للُّبْ الداخلى. وتعمل هذه الآلية وكأنها محرك داخل

قوة كهرمغنطيسية سريعة التغير، مما يؤدى إلى دوران العضو الدوّار به، ولكن فى حالتنا هذه فإن هذا العضو الدوّار يكون فى حجم القمر !.



وعلى الرغم من هذا التفسير المقنع، إلا أنه يثور سؤال مثبط ما هو مصدر المجال المغنطيسى الذى أنشأ فى الأصل المولّد الكهربائى الأرضى ؟ يقول العلماء عندما يبدأ عمل ،هذا المولد الكهربائى الأرضى فإنه يستمر، والتيار الكهربائى الناتج يمكنه أن يتعزز. وربما أنه في زمن ما بعد تكوّن كوكب الأرض منذ نحو خمسة بلايين سنة ، كان فى حالة سيولة ، وأخذت المعادن الثقيلة كالحديد، تهبط نحو المركز. ولم يكن هناك لُبْ فى البداية ولكنه أخذ ينمو كلما بردت الأرض. ووفرت الحرارة التي أطلقت، تلك الطاقة اللازمة لتشغيل المولد الكهربائى الأرضى.

وللإجابة على الأسئلة التى تثار حول ذلك «الكوكب الذى داخل كوكب» فإننا فى حاجة إلى رصد اللُّبْ الداخلى للأرض باستمرار. وهذا أمر تكتنفه صعوبات بالغة. إذ إن الزلازل تكون متكررة الحدوث فى بعض أجزاء فقط من العالم، كما أنه لا ينتج عن الكثير منها موجات صدمية تمر خلال اللُّبْ المعدنى. ومن ثم فنحن فى حاجة للمزيد من محطات تسجيل الزلازل تنتشر فى

الأماكن المعرضة للزلازل بالإضافة إلى عدد كبير من الكمبيوترات الفائقة بهدف التعرف بشكل أوضح عن كيفية عمل المولّد الكهربائى الأرضى وكيفية تفاعله مع اللُّبْ الداخلى للأرض، مما يؤدى فى النهاية إلى سبر غور بنية أعماق كوكبنا، وانتاج صور بالغة الدقة تساعد على التنبؤ بالزلازل، ومن ثم انقاذ أرواح الآلاف من بنى البشر.

ما قبل الانفجار الأعظم

والجاذبية الكمية الحلقية

تري ما الذي حدث قبل لحظة الأنفجار الأعظم Big bang لطالما فكر علماء الكونيات فى أن كوننا هذا تقوّض من قبل فى عملية انسحاق أعظم Big Crunch ، ثم لم يلبث أن وثب مرتداً من جديد، إلى الكون الذى نعرفه.

وفى الوقت الحاضر ثمة نظرية تحاول التوفيق بين مجموعة نظريات متنافرة لعل أهمها نظرية النسبية العامة ونظرية الكم، والحقيقة أن علم الفيزياء نجح فى وضع أول نموذج معقول فيزيائياً لكيفية حدوث ذلك.

تقوض ... الزمكان

نظرية النسبية العامة تفسر الجاذبية باعتبار أنها تنشأ من تشوهات Distortions فى نسيج الزمكان Space Time لكن الفيزيائيين أيضًا بذلوا جهوداً كبيرة لتفسير الجاذبية من منطلق

ميكانيكا الكم Quantum Mechanics ومع ذلك فإنها لا تزال القوة الوحيدة التى تفتقر إلى وصف «كمىّ» واضح.

وثمة نظرية تسمى «الجاذبية الكميّة الحلقية» Loop Quantum Gravity تحاول «تكمية» Quantization الجاذبية، بافتراض أن الزمكان ليس متصلاً كما يبدو لنا، وإنما هو مكوّن من حلقات «منمنمة» مترابطة ببعضها البعض، لا يزيد قطر كل منها على ١٠^-٣٥ مترًا تشكّل نسيجًا لينًا يشبه إلى حد كبير قماش قميص ناعم، حتى لو كان منسوجًا من خيوط منفصلة، ويحدث انحناء زمكان الجاذبية الكمية الحلقية نفس تأثيرات الجاذبية تمامًا كما هو موضح فى نظرية النسبية العامة.



وتمكّن بعض الباحثين من تطبيق معادلات الجاذبية الكمية الحلقية على الكون ككل.. وبدأوا من الكون المتمدد Expand-ing universe الذى نعيش فيه وطبقوا معادلاتهم بالرجوع بالزمن إلى الوراء، لمعرفة ما يمكن أن يحدث لو انعكس تمدد الكون.

وعندما يتقلص الفضاء فإن المادة والطاقة «ينحشران» فى بعضهم أكثر فأكثر، وعند نقطة معينة نجد أن وصف الجاذبية الكمية الحلقية للعمليات الكونية، يطابق الوصف الذى يطرحه علم الكونيات التقليدية. غير أنه فى علم الكونيات التقليدى، يمكنك عكس الأنفجار الأعظم حتى الوقت الحاضر، ولكن يصبح الكون كثيفًا بشكل مروّع، بحيث تتوقف تمامًا قوانين الفيزياء الكلاسيكية عن العمل. وعند هذه المرحلة وطبقًا لنظرية الجاذبية الكميّة الحلقية، فإن الكثافة الهائلة تقوّض نسيج الزمكان.

وقد أثبت أحد الباحثين أنه عند تقوض الزمكان، فإن الحلقات «المنمنمة» تقاوم المزيد من الانكماش، وتعمل تأثيرات جاذبية الكم على إحداث تنافر يوقف عملية التقوّض. والجديد

المدهش هو فى كيفية تفسير ما يحدث بعد ذلك، إ ذ سرعان ما تعيد الحلقات تنظيم نفسها فى نسيج ناعم سلس، ويرتد الكون Bounce عائداً إلى ما نطلق عليه «الانفجار الأعظم».

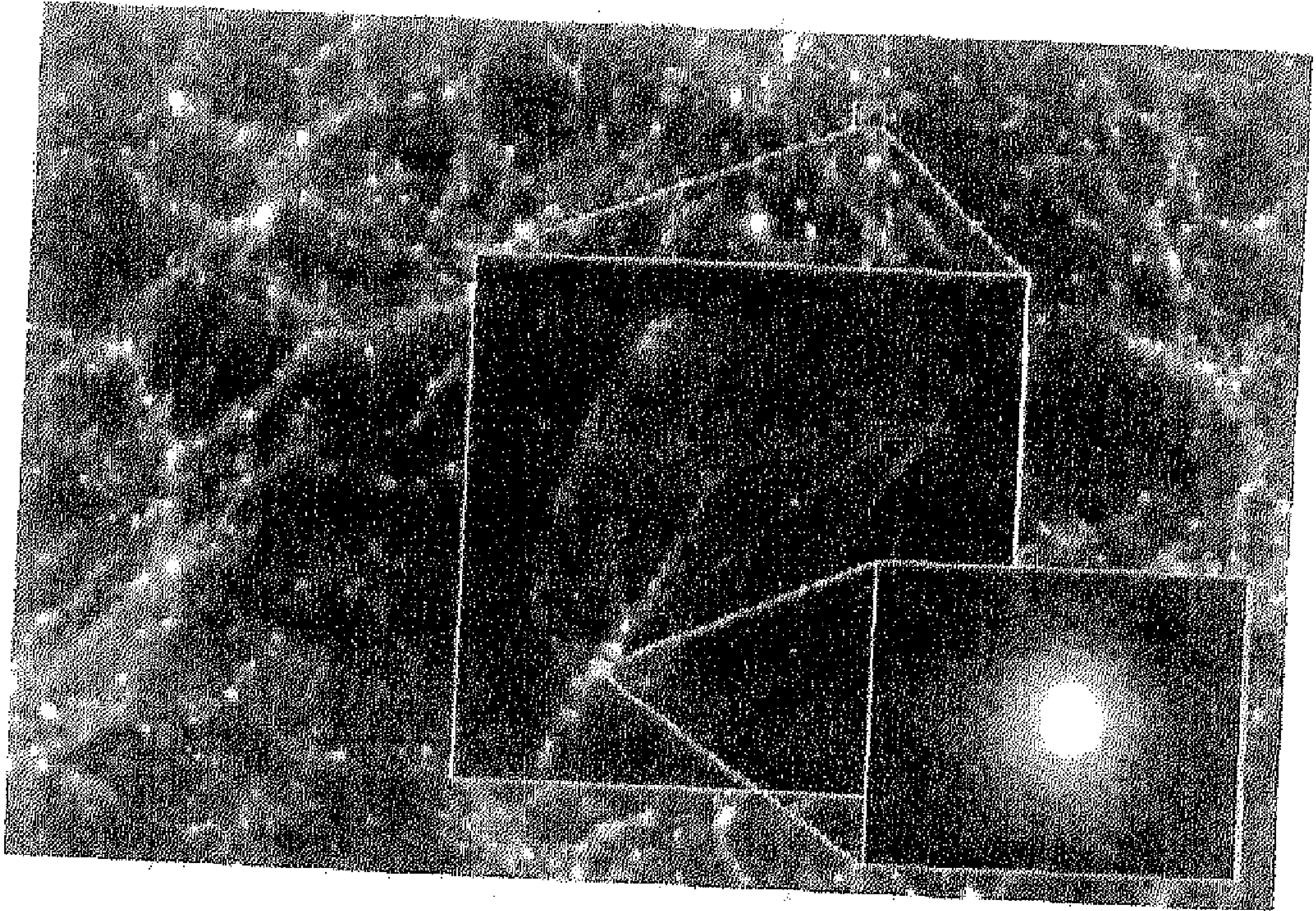
وكون ما بعد الأنفجار هذا، يشبه إلى حد مذهل الكون الذى تطرحه نظرية الأوتار الفائقة Superstring Theory التى تحاول أيضاً التوفيق بين الجاذبية وفيزياء الكم.

فما هى نظرية الأوتار الفائقة ؟

طبقًا لنظرية الأوتار الفائقة، فإن كوننا عبارة عن «غشاء» Brance ثلاثى الأبعاد داخل فضاء ذو أبعاد أكثر، وعلى الرغم من أن كون الجاذبية الكميّة الحلقية ليست له أبعاد إضافية، وأن نظرية «الغشاء» لا تستطيع التعامل مع عالم الأنفجار الأعظم، فإن اتفاقهما بشأن كون ما بعد الأنفجار الأعظم مطمئن للغاية.

وتصف نظرية الأنفجار الأعظم، كيف بدأ الكون كنقطة واحدة منذ نحو ١٣,٨ بليون عام مضت، وكيف أنه مازال يتمدد حتى الوقت الحاضر، لكنها لا تفسر بدقة ما الذى حدث بعد ذلك فى كل جزء من الثانية.

ويعتقد علماء الكونيات أنه لابد من وجود آثار من الدلائل في كونا الحالى، يمكن استخدامها فى النظر إلى الخلف قبل نقطة الأنفجار الأعظم. وطبعًا للأبحاث العلمية، فقد كان ثمة كون متقلص Contracting ذو هندسة زمكانية مماثلة لتلك التى بكوننا المتمدد، إذن فالكون قد تقوّض ثم وثب مرتداً فى شكل أنفجار أعظم.



الارتداد... الكمّي

وفقًا لنظرية النسبية العام لأينشتاين فإن الأنفجار الأعظم يمثل البداية، أى الحادثة العظيمة التى ولد فيها ليس فقط المادة وإنما أيضًا الزمان والمكان (الزمكان) Space Time وبينما نجد أن النظريات الكلاسيكية لا تشير من قريب أو بعيد إلى وجود كون قبل تلك اللحظة، فإن فريقًا للبحث العلمى استخدم حسابات الجاذبية الكميْة الحلقية، للعثور على خيوط تقودنا إلى زمن مبكر سحيق قبل الأنفجار الأعظم.

يبدو أن نظرية النسبية العامة يمكن استخدامها لوصف الكون رجوعًا إلى نقطة ما، تصل عندها كثافة المادة إلى الحد الذى تتوقف عنده عمل المعادلات تمامًا. وقبل تلك النقطة فإننا نحتاج إلى تطبيق أدوات كميّة لم تكن متاحة على الإطلاق لأينشتاين.

وقد تمكّن ثلاثة من الباحثين من وضع نموذج يتتبع الأنفجار الأعظم حتى ما قبله، حينما كان هناك كون متقلص،

يبدى خواص فيزيائية مماثلة لخواص كوننا الحالى وأظهر هذا الفريق العلمى أنه قبل لحظة الأنفجار الأعظم، كان هناك كون متقلّص ذو هندسة زمكانية، تشبه إلى حد كبير هندسة كوننا المتمدد.

وبينما كانت قوى الجاذبية تجذب هذا الكون للتقلص إلى الداخل فإنه وصل إلى نقطة تسببت عندها الخواص الكميّة للزمكان، فى جعل الجاذبية «تنافرية» Repulsive بدلاً من كونها «تجاذبية» Attractive .

وعن طريق تعديل نظرية الكم، باستخدام المعادلات الكونية لأينشتاين، وجد العلماء بدلاً من أنفجار أعظم تقليدى، ارتداد كمى. ودهش العلماء كثيراً من هذا الاكتشاف الذى يدل على وجود كون آخر، قبل الأنفجار الأعظم لدرجة أنهم أعادوا المحاكاة Simulation بالكمبيوتر، باستخدام قيم مختلفة للمتغيرات الفيزيائية طوال شهور عديدة، غير أنهم كانوا يجدون فى كل مرة نفس سيناريو الكون المتقلص والارتداد الكمّى.

انحناء..الزمكان

وعلى الرغم من أن الفكرة العامة عن وجود كون آخر قبل الأنفجار الأعظم، طُرحت بالفعل من قبل، إلا أن هذا هو أول وصف رياضى يقــرر بشكل نظامىّ وجــود الكون الآخــر، بل ويستنبط له خصــائص لهندسته الزمكانية Space - time Geometry .

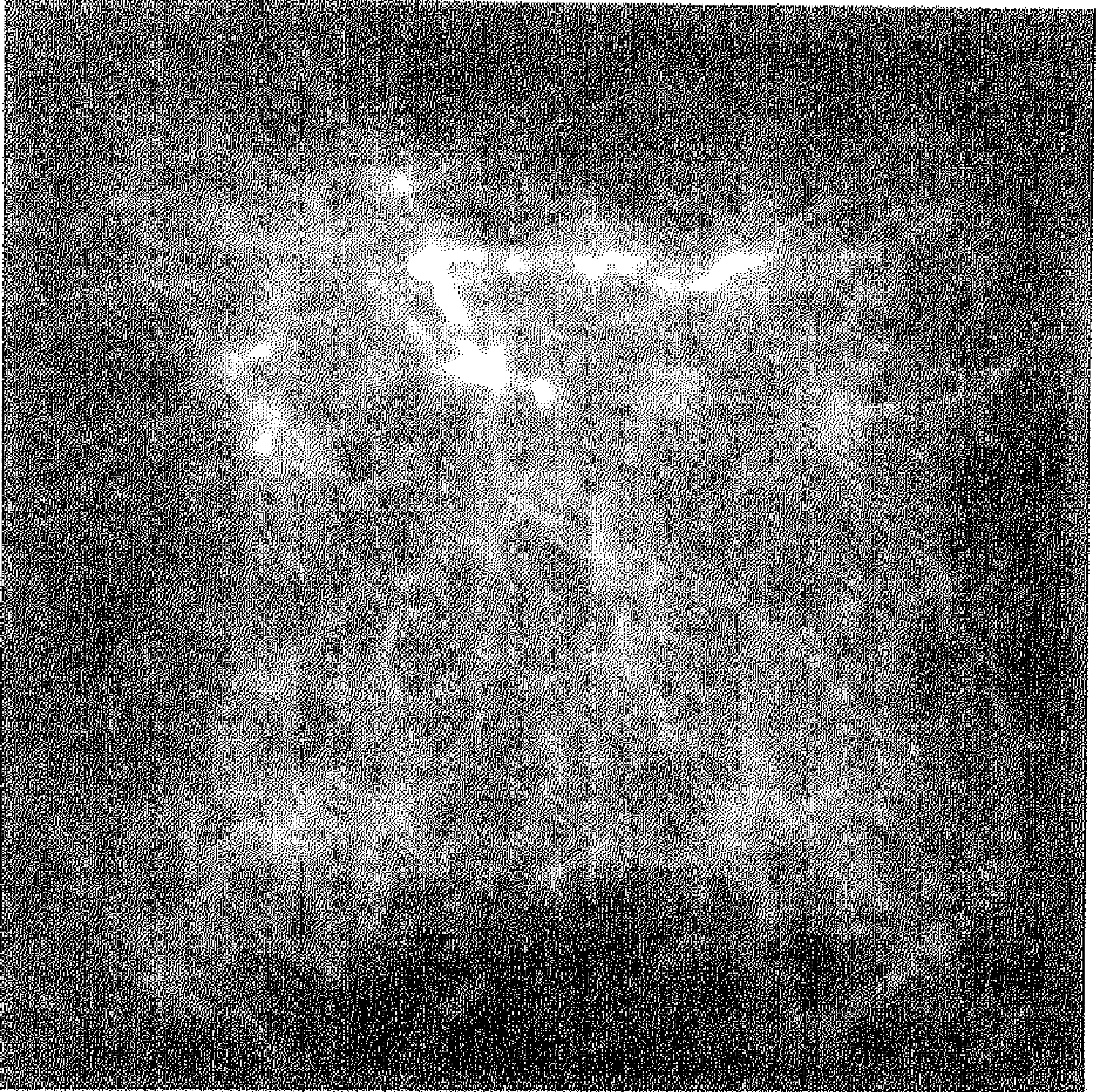
وقد استخدم فريق البحث العلمى الجاذبية الكميّة الحلقية، وهى حل مطروح بارز لمشكلة التوحيد نظرية النسبية العامة ونظرية الكم. وفى نظرية الجاذبية الكميّة الحلقية، تتسم هندسة الزمكان ذاتها بتركيب «ذرى» منفصل، ويصبح المتصل Continuum الزمكانى المألوف لنا، مجرد تقدير تقريبى للحقيقة فهندسة الفضاء منسوجة بدقة من خيوط كمية ذات بعد واحد. وبالقرب من لحظة الأنفجار الأعظم، تمزق النسيج الكونى بعنف وأصبحت الطبيعة الكميّة لهندسة الكون بالغة الأهمية، إذ جعلت الجاذبية تنافرية بشدة، مما تسبب فى حدوث وثبة الارتداد المروّعة للكون.

وفى البداية افترض الباحثون نموذجًا منتظمًا لكوننا، مما أعطاهم الثقة فى الأفكار الأساسية للجاذبية الكميّة الحلقية، وسوف يستمرون فى تعديل هذا النموذج بحيث يصف الكون – كما نعرفه – بشكل أفضل وأكثر دقة، وكذلك حتى نفهم بوضوح خصائص الجاذبية الكميّة. وتخبرنا النظرية النسبية العامة أن الزمان والمكان منحنيان، وأن هذا الانحناء يسبب ما نراه كجاذبية. كما توضح لنا ميكانيكا الكم – ضمن أشياء أخرى – أن شيئًا ما قد يحدث بطريقة غير محددة، وأن تلك اللايقينات Uncertainties تصبح شديدة الأهمية، عندما نحاول أن نقيس بدقة أجسامًا بالغة الضآلة.

لكن ترى ما هو شكل الزمكان على مستوى فائق الصغر ؟ لا أحد يعرف بالضبط لكن يبدو أنه من شبه المؤكد أن أي نظرية تصف طبيعة الزمكان على مستوى فائق الصغر، لابد أن تتضمن بعض الجوانب الهامة لميكانيكا الكم.

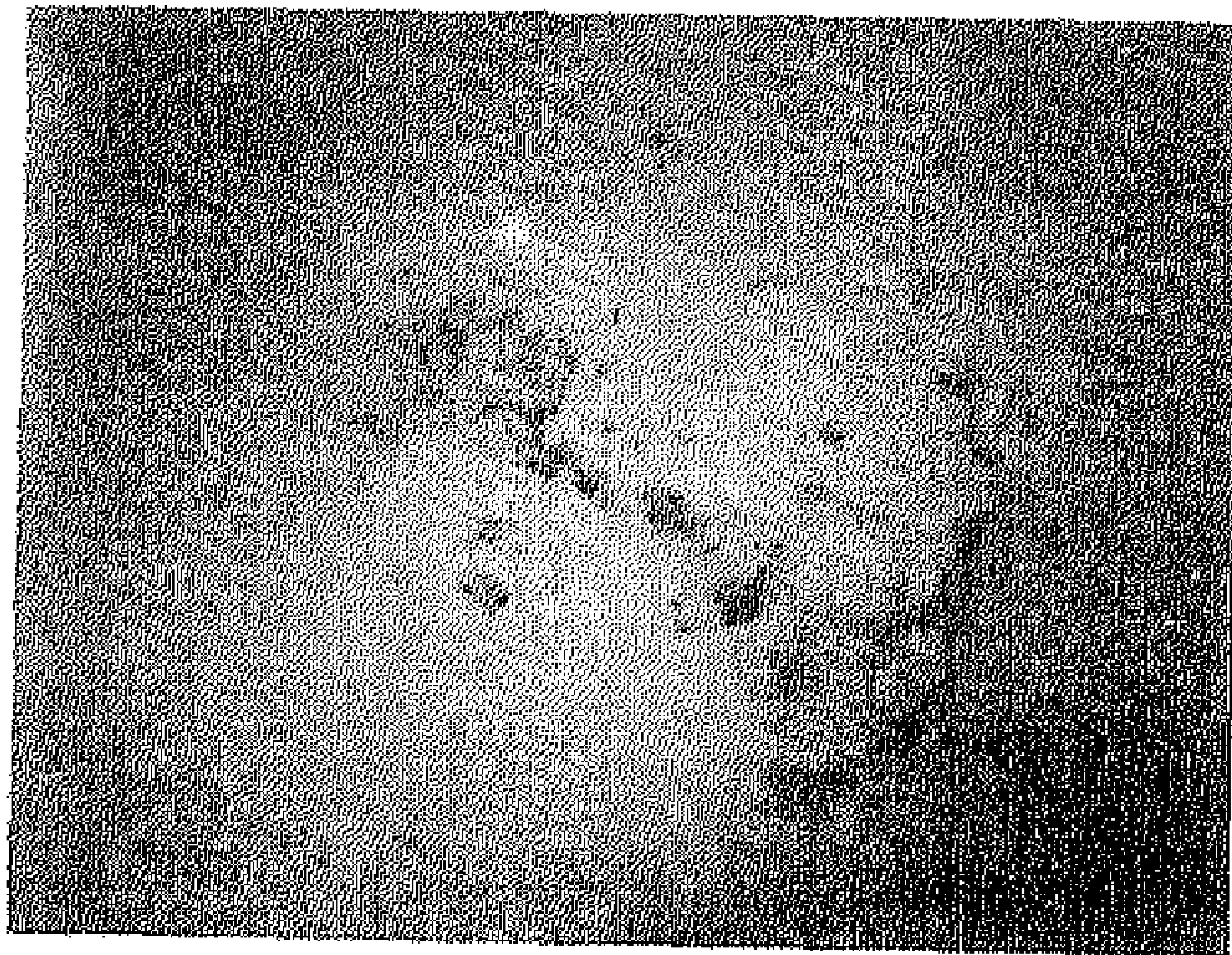
ومثلما نفكر أحيانًا في الإلكترون ككيان ضبابى يوجد فى كل مكان، وأنه جسيم موجود بالفعل. كذلك يجدر بنا أن

نتصور الزمكان على مستوى فائق الصغر، كحالة ضبابية تضم كل الطرق الممكنة التى يمكن أن تنحنى بها، مثل هذه النظرية تسمى «الجاذبية الكميّة» Quantum Gravity .



لكن ما معنى هذا ؟ فى دراسات الجاذبية الكميّة علينا أن ننظر إلى الكون كثنائى الأبعاد. وفى هذه الحالة فإن الميزة، ليست فقط سهولة تصور الكون وإنما أيضًا فى سهولة إجراء بعض حساباته، ومع ذلك فمازال بمقدورنا تعلم أشياء مفيدة.

دعنا نفترض الآن أننا نريد أن ننظر عن قرب شديد إلى بنية فائقة الصغر من كون ثنائى الأبعاد. من بعيد جداً قد يبدو لنا هذا الكون مسطحاً، ويحتمل وجود بعض «الفجوات» هنا وهناك حيثما توجد كتل كبيرة، حيث تحنى هذه الكتل الزمكان. الآن افترض أنه بوسعنا الاقتراب الشديد من السطح والنظر إليه بإمعان. عند هذا المستوى لابد أن تكون تأثيرات ميكانيكا الكم بالغة الأهمية.



لم يعد هذا السطح محدد المعالم ومستويًا، وإنما أصبح خشنًا وملطخًا وضبابيًا، وصار عبارة عن تراكب Superposition (تطابق الأشكال الهندسية مع بعضها البعض) لكل الأسطح الممكنة فوق بعضها البعض. وكل الطرق التى يتخيلها المرء لتشويه سطح ما، موجودة فى هذه اللطخات الضبابية، والواقع أن هناك عدداً لا نهائياً منها، بعضها عبارة عن «غابات بريّة» من التموجات والنتوءات التى تبرز من نسيج الكون وتلتوى بعيداً عما يمكن أن نسميه سطحًا مستويًا، وربما يكون بعضها عبارة عن حلقات من السطح مسحوبة إلى الخارج، والقليل جداً منها مسطح ولا تعد أى واحدة منها بمفردها الزمكان، وإنما كل تلك الأسطح مجتمعة هى الزمكان. لكن لماذا لا نعرف سوى القليل جداً عن الجاذبية الكميّة ؟ يرجع ذلك إلى الحجم فائق الصغر لتلك التموجات الذى يبلغ نحو $١٠^{-٣٥}$ متراً. إن هذا حجم فائق الصغر لا يمكن تصوره ، ويسمى «مسافة بلانك» Planck Length فما هى درجة هذا التصغير إذن !

دعنا نتصور أن لدينا عصا خيالية طولها متر واحد، وعلى

تلك العصا علامات ليس للسنتيمترات والملليمترات فقط، وإنما علامات مكتوبة بخط صغير جداً بحيث لا تُرى بالعين المجردة، وهى التى تحدد مسافة بلانك ومسافتى بلانك وثلاث مسافات بلانك وهكذا.

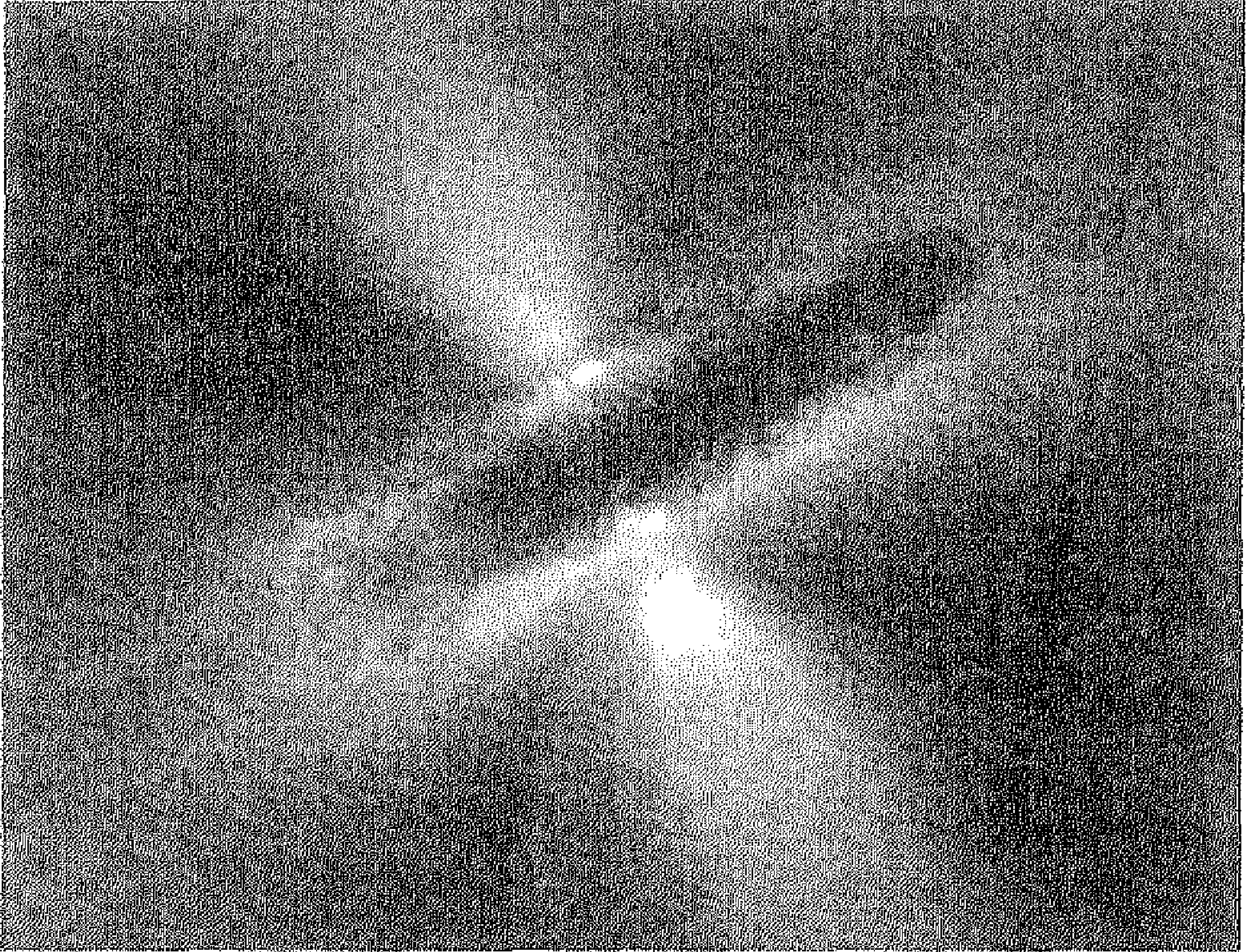
الآن تصور أننا تمكنا من مط هذه العصا كلها بشكل تناسبى بكل ما عليها من علامات، إلى أن تصل إلى طول مجرتنا «الطريق اللبنى» والذى يبلغ نحو مائة ألف سنة ضوئية، وحتى بعد كل ذلك المط فإن العلامات التى تفصل مسافات بلانك عن بعضها البعض، لا تزال تبعد كل واحدة عن الأخرى بمسافة تبلغ حوالى ١/١٠٠ من قطر ذرة الهيدروجين.

وبالطبع فإن هذه المسافة لا تزال فائقة الصغر، بحيث يتعذر رؤيتها إلا بمجهر خاص، والحقيقة أنه لم يقم أحد بإجراء تجربة من أى نوع لاختبار طبيعة الفضاء، على مثل هذا المستوى فائق الصغر. إذن كيف يمكننا دراسة مثل هذا الكون «المنمنم» ؟ إحدى الإجابات على هذا السؤال هى استخدام عمليات المحاكاة بالكمبيوتر، ولكن هذا موضوع آخر.

أشباه النجوم... لغز كوني

لا يزال المعروف عن النجوم أقل بكثير مما يريد الفلكيون وعلماء الفيزياء الفلكية معرفته، على الرغم من استخدام المراصد الفضائية. فكل النجوم محيرة لأمر أو آخر، ومهما يكن الأمر فإن هناك نوعًا من الأجرام الفضائية حيّرت العلماء بصورة غير عادية، هى «أشباه النجوم» أو «الكوازارات».

منذ أوائل الستينيات من القرن العشرين، كان علماء الفلك الراديوى، قد عينوا أماكن خمسة مواقع فى الفضاء، تصدر منها موجات راديوية قوية، ووجدت المراصد البصرية فى هذه المواقع نجومًا خافتة الضياء إلى حد بعيد، فاعتبرها العلماء من نجوم مجرتنا، ولكن اتضح فيما بعد أنها تسلك سلوكًا غريبًا... إذ إنها تتحرك بعيدًا عنا بسرعات هائلة تصل إلى جزء كبير من سرعة الضوء، كما أنها ألمع بكثير – فى الحقيقة – وأشد طاقة مما يمكن تصوره لجسم صغير وبعيد مثلها، وهذا يدل على منبع طاقة أقوى من أى شئ يمكن أن يتخيله علماء الفلك.



ألغاز الفضاء المحيّرة

أخذ علماء الفلك الراديوى يولون هذه الأجرام الفضائية الغامضة، المزيد من الدراسة والعناية، لما تتميز به من غرابة ولما كان من المستبعد على نجوم صغيرة داخل مجرتنا «الطريق اللبنى»

Milky Way أن تطلق هذه الموجات الراديوية القوية، فقد أطلقوا عليها اسم «أشباه نجوم راديوية» Quasi - Stellar Ra- dio Sources واختصاراً «الكوازرات» Quasars ومنذ ذلك الحين وحتى الوقت الحاضر، تم اكتشاف بضعة آلاف من الكوازرات يوجد أبعدها على مسافة تزيد على عشرة بلايين سنة ضوئية منا. إذا كانت تلك هى مسافته الحقيقية، فإنه يكون أبعد جسم عنا فى الكون، وهكذا تمثل هذه الأجسام الفضائية الغامضة، على حافة الكون، أحد ألغاز الفضاء المحيّرة وتحمل الكوازرات حالياً، أسماء يبدأ معظمها بالرمز ٣ C أى ٣ ك، وهو اختصار لمصنف كامبردج الثالث للمنابع الراديوية.

وقد كان أول من نال قسطًا غير قليل من البحث والاهتمام شبه النجم الراديوى «الكوازر» رقم ٣ ك – ٤٨ من مجموعة المثلث Triangulum ، فقد أنزاح طيفه كله نحو اللون الأحمر، بحيث وقعت جميع ألوانه فى منطقة ما تحت الأحمر، والإزاحة إلى هذه الدرجة غير معروفة، حتى فى أبعد المجرات التى اكتشفها أكبر المراصد البصرية فى العالم. وكانت هذه الإزاحة فى طيف شبه النجم ٣ ك – ٤٨، تدل على سرعة تباعد تبلغ ١١٠ آلاف

كيلو متر فى الثانية، أى أن البعد الذى يفصل بيننا وبينه يبلغ حوالى أربعة بلايين من السنين الضوئية. ولقد كان لهذا الاكتشاف نتائجه الخطيرة. فهذه الأجسام التى تبدو كنجوم صغيرة، كانت تبعث الحيرة فى عقول علماء الفلك الراديوى، لقوة النبضات الراديوية الصادرة عنها.

وكانوا يفترضون أنها لا تبعد أكثر من بضع مئات من السنين الضوئية، فكيف الآن وقد وجدوا أنها تبعد عنا ببلايين السنوات الضوئية ؟ وتساءل بعد هذا علماء الفلك الراديوى عن نوع الطاقة التى تتمكن من إصدار مثل هذه الموجات الراديوية شديدة القوة، بحيث تسير فى الفضاء بلايين السنوات الضوئية وهى لا تزال تحتفظ بقوتها.

وقدر علماء الفلك أن قوة الإضاءة الحقيقية لشبه النجم «الكوازر» رقم ٣ ك – ٤٨ تبلغ حوالى تريليون «مليون مليون» شمس، مثل تلك التى تدور حولها أرضنا، كما قدروا أن الطاقة الحقيقية أكبر من ذلك قليلاً، ومعنى ذلك أن الإضاءة التى تصدر عن شبه النجم «هذا»، تساوى قوة الإضاءة التى تصدر عن عشرين أو ثلاثين مجرة من المجرات شديدة اللمعان .

سر الطاقة الجبّارة

وربما تتساءل : أى نوع من الطاقة المروّعة تعمل داخل شبه النجم «الكوازر» ؟ تسألنى فأجيبك : هناك عدة نظريات فى هذا المجال :

- تقول إحدى النظريات إن سبب هذه الطاقة الهائلة هو ضغط الجاذبية، وفكرة توليد طاقة من ضغط الجاذبية، جاء بها العالم الفيزيائى الألمانى «هلمهولتز» Helmholtz فى عام ١٨٥٤ وحاول بها أن يفسر سر الطاقة الشمسية على هذا الأساس، فقال إنها نتيجة القوة الناشئة عن ضغط مادة الشمس على بعضها البعض، وفى القرن التاسع عشر، لم يلق هذا التفسير قبولاً لدى العلماء، لأنه اتضح بالحسابات الفلكية، أن الشمس لو كانت تصدر طاقتها على هذا النمط لما عاشت أكثر من خمسة عشر مليون سنة.

ولكن ربما يكون الكوازر – هذا الجسم الفضائى العملاق فى ضخامته – يعانى من ضغط أجزائه على بعضها بشكل

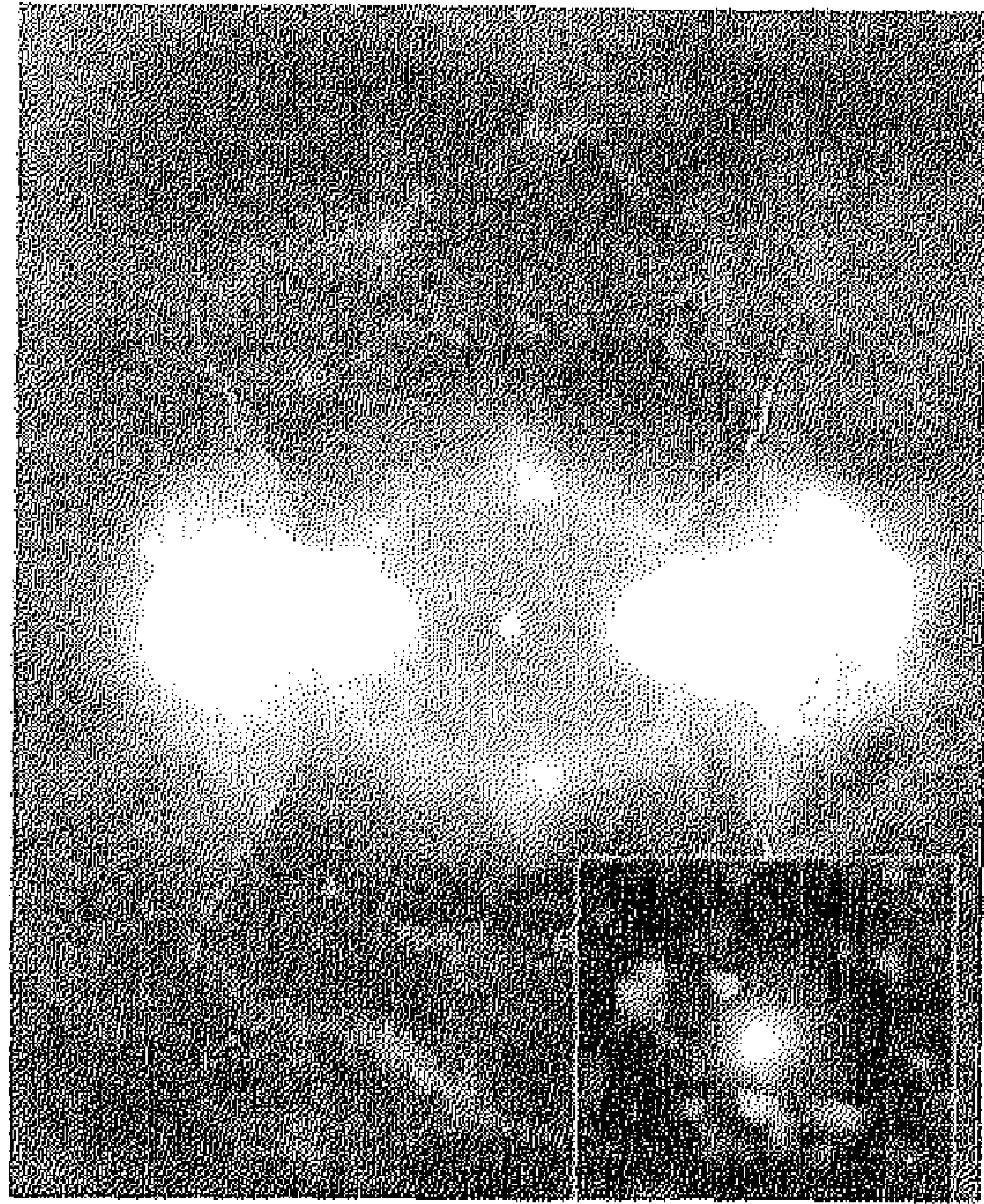
مروّع، بحيث ينفجر إلى الداخل ويولد طاقة أقوى من التفاعلات النووية. وقد يكون تعبير «الإنفجار إلى الداخل» غير معهود حتى الآن، بل قد لا يمكن تخيله، ولكن ماذا يمكن القول عن هذا الجسم الهائل الذي تنضغط أجزاءه على بعضها، فتسحقها بعنف وتدفعها إلى ناحية المركز .

- خرج بعض علماء الفلك بنظرية تقول إن الطاقة فى أشباه النجوم، هى نتيجة تصادم بين المادة والمادة المضادة Anti - Matter ، فما هى المادة المضادة ؟ من المعروف أن الإلكترونات عليها شحنة سالبة، بينما البروتونات لها شحنة موجبة. وفى المادة المضادة نجد أن الوضع يختلف تمامًا، أى أن الإلكترونات موجبة والبروتونات سالبة الشحنة، وفى هذه الحالة يسمى الإلكترون موجب الشحنة (البوزيترون Positron) .

وعندما تتقابل ذرة من المادة مع ذرة من المادة المضادة، فإنهما يتفاعلان معًا فيحطمان بعضهما، وتتحول كل كتلتيهما إلى طاقة مروّعة تنطلق فى الكون على هيئة موجات من أشعة

جاما. والذرة المضادة لا تختلف عن الذرة العادية فى صفاتها الطبيعية أو الكيميائية، بل هى فقط صورة معكوسة وكأنها صورة مرآة للذرة العادية.

وبسبب تلك الطاقة الهائلة التى تصدر من أشباه النجوم «الكوازرات» فقد قال علماء الفلك أنها ناتجة عن تصادم بين المادة والمادة المضادة، داخل هذه الأجسام الفضائية الغامضة، فهل هذا هو التفسير الصحيح ؟ إن أشباه النجوم مازالت حتى الوقت الحاضر، لغزاً يربض بعيداً عن حافة الكون.



الكوازرات... ثقوب بيضاء

إن فكرة تحول مجرة بأكملها إلى ثقب أسود، تبدو لأول وهلة غير معقولة، ولكنها فى واقع الأمر ممكنة الحدوث، إذ أن هناك كميات هائلة من المادة غير المرئية بين حشود المجرات، فلو كانت الجاذبية التى تشد مجموعة المجرات إلى بعضها بعضاً، غير كافية لأنفرط عقدها، ومن رصد حشود عديدة من المجرات، اتضح أنها لا تنتظم فى مجموعة، إلا إذا كانت تحتوى على مادة أكثر مما يمكن رؤيته فعلاً.

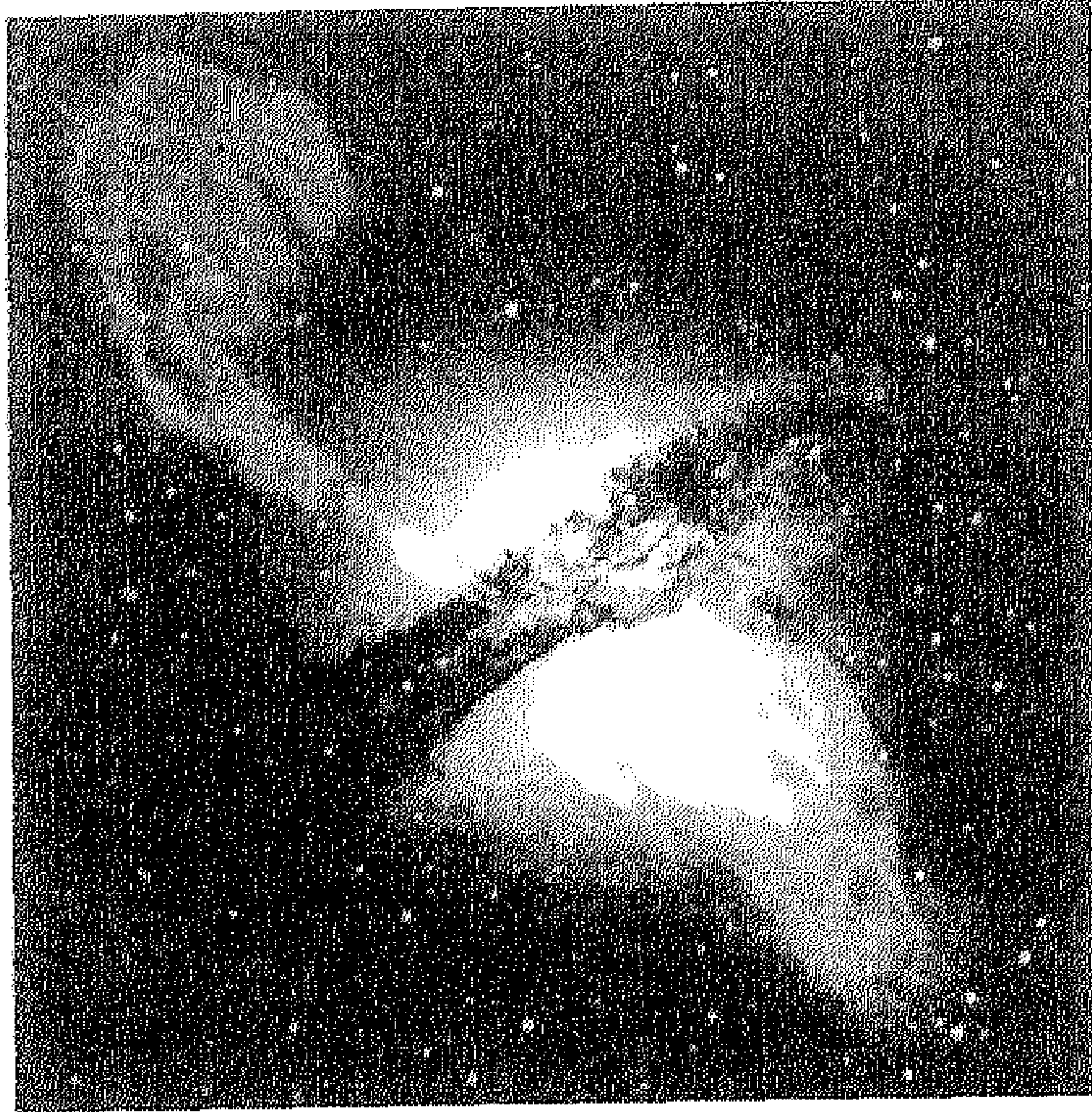
والمادة غير المرئية بين المجرات قد تكون على شكل غاز أو غبار كونى أو مجرات خافتة الضوء، ولكن هناك احتمال أيضاً بأن تكون هذه المادة الخفية مكونة من عدد هائل من الثقوب السوداء، فما هى الثقوب السوداء ؟ تسألنى فأجيبك: تؤكد إحدى التوقعات المثيرة للنظرية النسبية العامة لأينشتاين على وجود ما يسمى «الثقوب السوداء» Black Holes . فعندما يموت نجم ضخم تنهار مادته وتنطوى وتنكمش وتتراص فيصبح أصغر من حجمه الأصلى بملايين الملايين من المرات، أقل من نقطة فى

نهاية هذه الجملة، أى أن الفراغ فى مادته تقل كثيراً وتتجمع المادة مع بعضها، وهذا يجعل قوى الجاذبية تزداد بشكل هائل، حتى أنها تمنع كافة الجسيمات داخلها من الانفلات إلى الخارج، كما أنها تجتذب إليها أى جسم يمر بالقرب منها، وحتى فوتونات الضوء تنجذب نحوها وتنحبس داخلها، ونتيجة لذلك لا يخرج منها أى ضوء فتبدو سوداء «راجع النظرية الحديثة لهوكنج التى ربما تناقض هذا الأمر – إشعاع هوكنج».

ويرى بعض العلماء أن الثقوب السوداء، هى المسئولة عن أى مصدر طاقة غامض فى الكون، مثل الكوازرات وتساءلوا ؟

هل الثقوب السوداء هى التى تمد الكوازرات بالطاقة ؟

لكى نجيب على هذا السؤال، دعنا نفترض أن هناك ثقبًا أسود هائلاً يدور، ويبعث حتى بنحو ٤٠ ٪ من طاقة المواد التى تسقط فى داخله، وهذه الطاقة الجبارة يمكن تغذيتها بابتلاع ما يوازى كتلة شمسية واحدة كل عام، وهذه «الوجبة» تعتبر قليلة جداً لتفسير طاقة الكوازرات، إلا إذا كان الثقب الأسود له كتلة تفوق قدرة الخيال وتوازى بلايين النجوم مثل شمسنا.



وهناك بعض الأجرام الفضائية يمكن أن تعمل عكس الثقوب السوداء، فبدلاً من أن تسحق فيها المادة وتختفى عن الوجود يتم بعثها من جديد، وهذه الأجرام يطلق عليها اسم «الثقوب البيضاء» White Holes. وليس فى النظرية النسبية العامة، ما ينفى وجود نقيض للثقوب السوداء، فإذن احتمال وجود الثقوب البيضاء هو احتمال قائم، وفيها يندمج الزمن والمكان، كما تطلق أشعة تجاذبية ومواد، قد يتكون منها غاز كونى ونجوم جديدة.

ولكن ليس هناك – حتى الوقت الحاضر – دليل على وجود هذه الثقوب البيضاء، برغم أن بعض علماء الفلك قد افترضوا وجودها كمنبع للطاقة الجبارة للكوازرات، وأخذوا يقيمون النماذج الرياضية Models لشرح كيفية عملها.

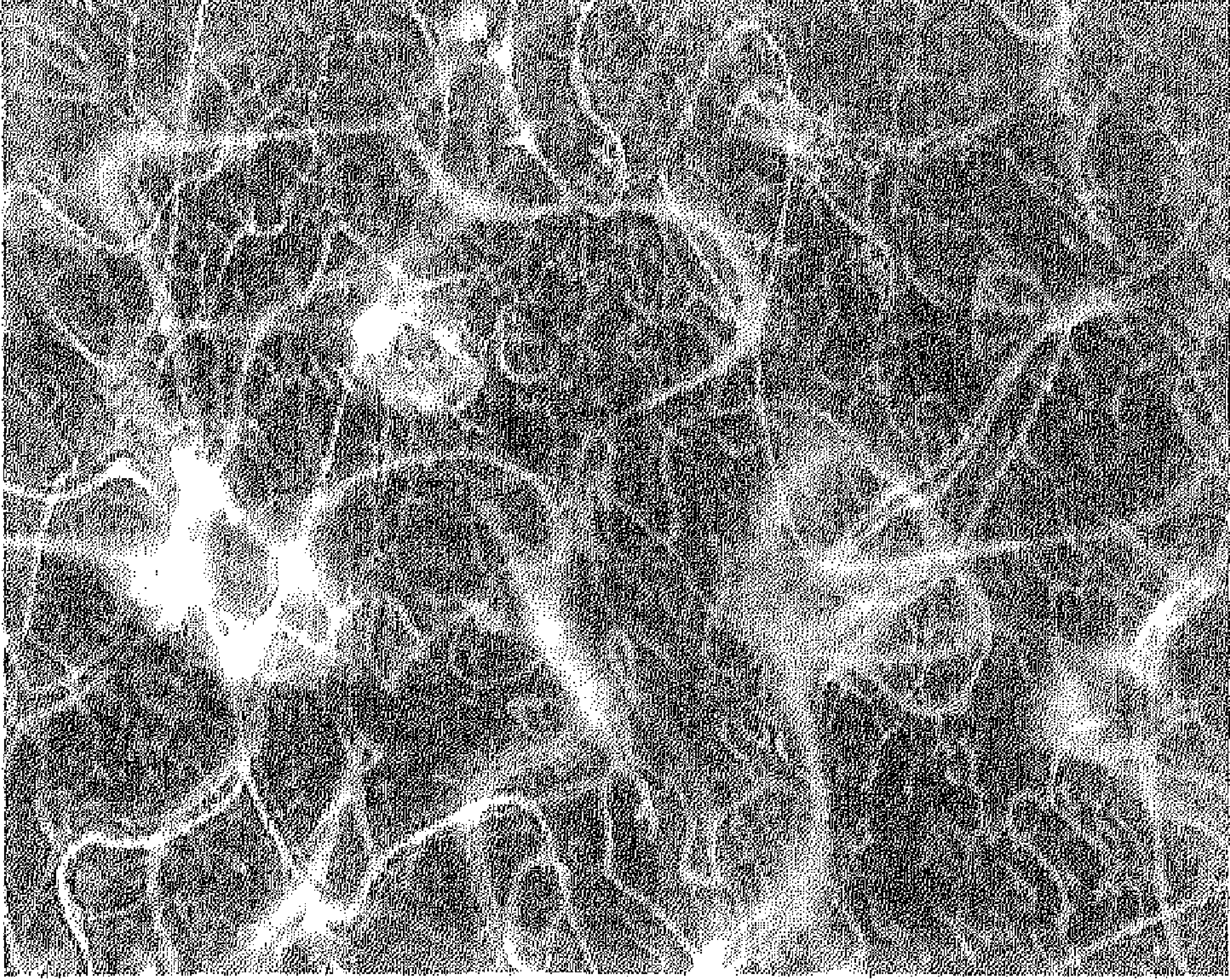
وتساءل العلماء : هل يمكن أن تكون الكوازرات أجسامًا فضائية متفجرة، تصدر نبضات راديوية قوية، والتى توحى لعلماء الفلك بأنها تنفث المادة خارجها إلى الكون، ومن ثم فقد رجح العلماء وجود عدد من الثقوب البيضاء داخلها ؟

وإذا تقدمنا خطوة إلى الأمام فى مناقشتنا أخذين فى اعتبارها أن الثقوب السوداء، هى مناطق تختفى فيها المادة من الوجود، نجد أنها فكرة رائعة أن تكون هناك ثقوب بيضاء أيضًا، تعيد تدفق المادة مرة أخرى إلى الكون ، ومن ثم يطلق عليها فى بعض الأحيان اسم «المتدفقات الكونية» Cosmic Gushers ، فهل هى الكوازرات ؟ سؤال سوف تجيب عليه الأبحاث العلمية الكونية فى المستقبل القريب.

عائلة فائقة ... تسكن الكون الحديث

المجرات المرئية ما هى إلا جزر كونية فى محيط من النيوترنيوات Neutrinos . والنيوترينوات جسيمات تكاد لا تكون لها كتلة ومن ثم يطلق عليها : الجسيمات الشبحية! فلو كان للنيوترينوات كتلة، مهما كانت ضئيلة، فإن هذا يعنى أنه فى أول العشرة الاف عام التالية على الأنفجار الأعظم، كانت هذه النيوترينوات متحركة بسرعة تقارب سرعة الضوء، مندفعة للخارج مع الكون المتمدد. ولكـــن عندما بـــرد الكون خفضت النيوترينوات من حركتها، وبدأت فى تكوين تجمعات تحت تأثير الجاذبية.

إن النيوترينوات هذه، لابد وأن تكون قد غطت الكون كله، ولابد أن يكون عدم الاستقرار المحدود الداخلى لهذه النيوترونات، قد شكل قلب الحشود والحشود الفائقة للمجرات، ثم تكثفت منها مجرات منفردة. إن هذا التخيل العلمى للأحداث الكونية. يطلق عليه «قمة أسفل» Top down فى قاموس علماء الفيزياء الفلكية ذلك لأن التركيبات الأصغر مثل المجرات تتكثف من المجرات الأكبر مثل الحشود المجرية والحشود المجرية الفائقة.



لغز.. المادة المظلمة

وظهر نماذج محاكاة الكمبيوتر، أنه لو كانت المادة المظلمة Dark Matter الغامضة – التى تكوّن معظم مادة الكون – تتحرك بسرعة، وبالتالى فإنها تكون ساخنة، كما لو أنها تتكون من نيوترينوات ذات كتلة بالغة الضآلة، فإنه يستتبع ذلك أن المجرات يجب أن تكون مناطق من تجمعات كثيفة، يفصل بينها حجم هائل من الفراغ. ولكن ليس هذا تمامًا ما يلاحظه

الفلكيون. إذ إن تجمع المجرات فى الكون، يحدث فى شكل بقع متناثرة ولكنها ليست كما تتطلبها نماذج محاكاة الكمبيوتر.

إن نشوء المجرات يكون مختلفًا جداً لو أن المادة المظلمة، تكونت من جسيمات باردة بطيئة الحركة، إذ يمكن أن تكون هذه الجسيمات بطيئة لأنها انبعثت من الأجرام الفضائية بهذا الشكل، أو أنها ذات كتلة كبيرة جداً. وفى كلتا الحالتين، فإن الجسيمات البطيئة الحركة سوف تُترك فى الخلف، أثناء تمدد الكون، وأنها سوف تتركز بفعل الجاذبية، مكوّنة تجمعات على مختلف الأبعاد، من حشود النجوم إلى الحشود المجرية.

ويفترض أن تكون الحشود الصغيرة قد تكونت أولاً، ثم أنضمت إلى بعضها البعض مكونة الحشود الأكبر. إن هذا «السيناريو» الفلكى يعرف باسم «أسفل قمة» Down Top ويبدو أنه أكثر ملاءمة للكون الحقيقى بالمقارنة بـ «قمة أسفل». وهكذا فإن حركة النجوم بداخل المجرات، تشير بقوة إلى وجود مادة مظلمة غير مرئية. بينما يوحى توزيع المجرات المرئية عبر الكون، بأن هذه المادة المظلمة تتكون من جسيمات غريبة، لم

تُشاهد بعد فى مختبرات الطاقة العالية. إن هذا لمثال واحد فقط يبين كيف يحتاج علماء الفيزياء الفلكية وعلماء الكونيات إلى علم فيزياء الجسيمات، والعكس صحيح.

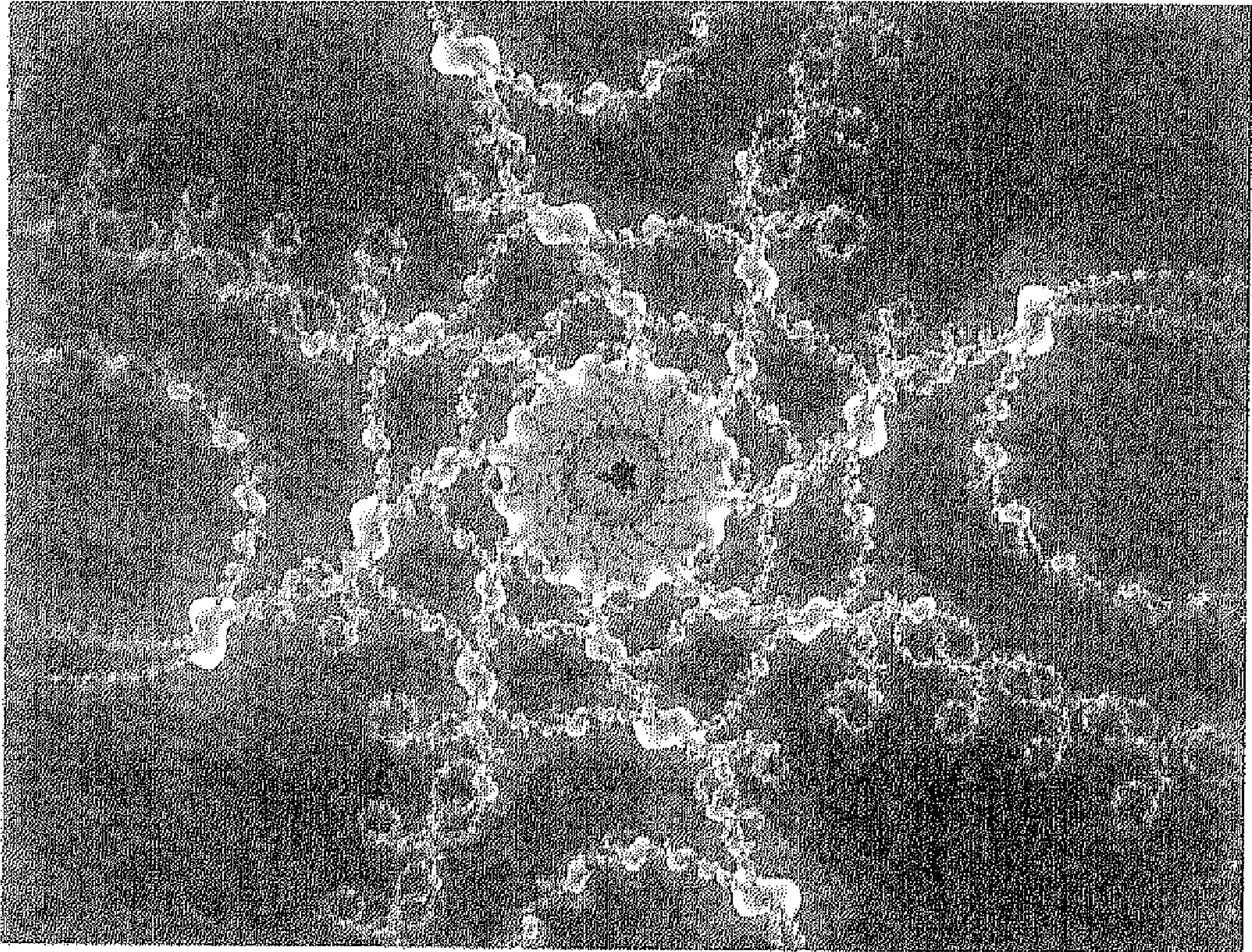
البَرْمْ..سرفيزيائي

لقد وصفت نظريات التوحيد العظمى، القوى الكهربية والضعيفة فقط، ولكن حتى تكون النظرية صالحة «كنظرية لكل شيء» Theory For Every thing ، فإنها يجب أن تشتمل على الجاذبية. لهذا فإن العديد من العلماء النظريين يبذلون مجهوداً ملحوظاً فى استخراج نوع من النظرية تتسع فى ثناياها للجاذبية، تلك القوة المراوغة.

وتعد هذه النظرية، الحد القاطع فى أبحاث العلماء النظريين وهى تعيش وتزدهر على عدد من الأفكار الجديدة ذات أسماء براقة مثل «الجاذبية الفائقة» Super gravity والأوتار الفائقة Sustrings. إن هذه الأفكار الرائعة مازالت تحت التجربة ومازال الوقت مبكراً جداً، على معرفة ما إذا كانت أى منها تعكس بحق طبيعة قانون الكون، أم أنها سوف تنتهى حيث انتهت النظريات

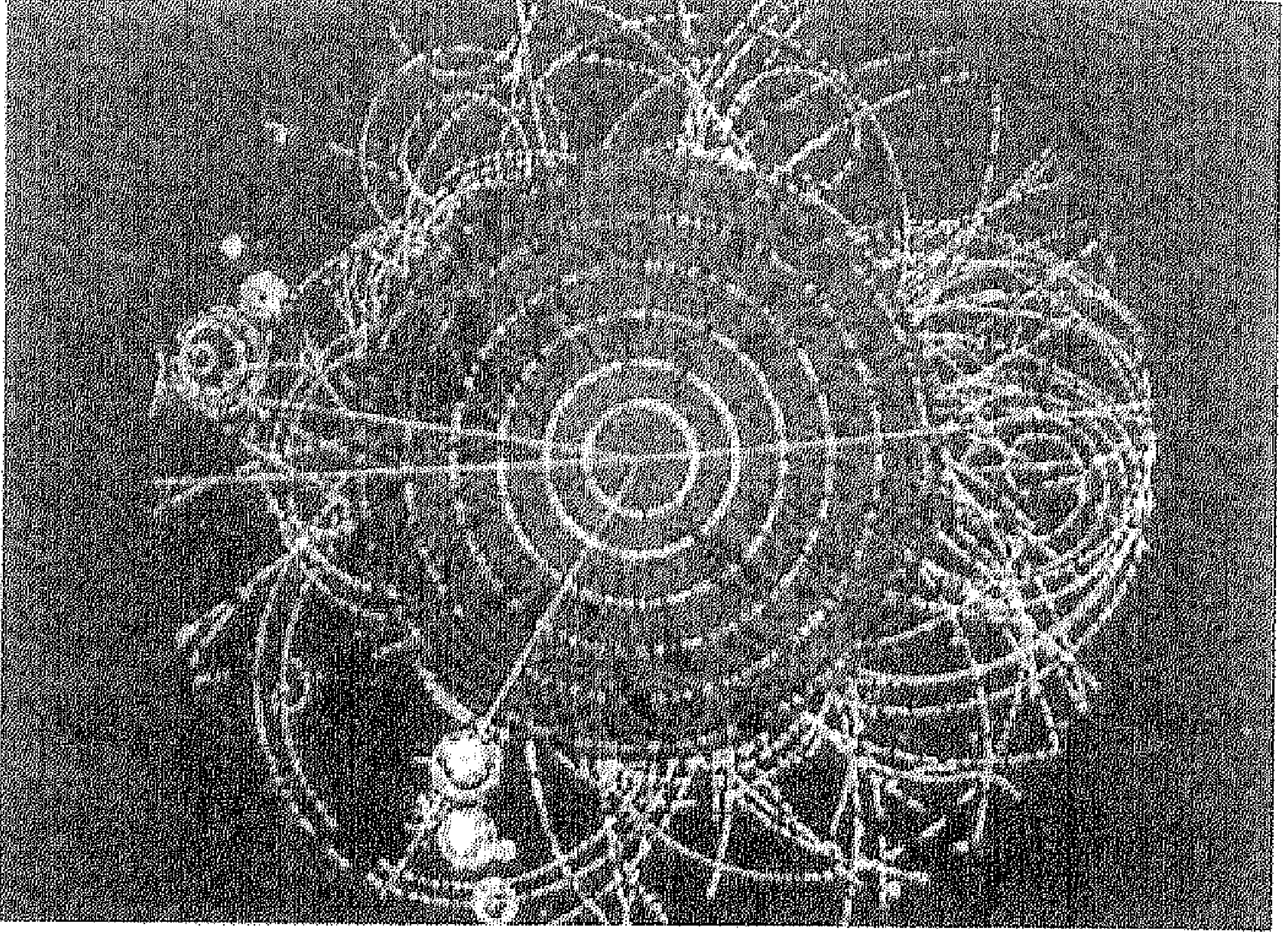
التى وضعت قبلها.

وفى ثنايا هذه النظرية، اقتراح مثير لنوع جديد من التماثل، وهو التماثل الفائق Super symmetry أو ما يطلق عليه اسم "Susy" . وتقرر نظريات التوحيد العظمى، أن هناك عائلتين من الجسيمات، جسيمات المادة «مثل الكواركات واللبتونات» والجسيمات حاملة القوة مثل جسيمات «زد» Z .



والتماثل الفائق، من الناحية الأخرى، يوحّد ما بين كل هذه الجسيمات فى عائلة واحدة فائقة تسمى «العائلة الفائقة» Super Family ، ولكنه حين يفعل ذلك، فإن هذا يتم على حساب توقع العديد من الجسيمات الجديدة.

إن أحد الملامح التى تميز ما بين جسيمات المادة والجسيمات الحاملة للقوة، هى الخاصية التى تعرف باسم «البرْم» Spin . فالعديد من الجسيمات تبدو كالقمم الدوارة، ولكن نظرية الكم Quantum Theory ، تقرر أنها لا تستطيع الدوران بأى معدل، وبدلاً من ذلك فإنها تبرم بمعدلات مسموح بها خاصة بكل نوع من الجسيمات، كما هو الحال بالنسبة للإلكترونات داخل الذرة، التى لها طاقات معينة. ويمكن قياس هذا الدوران فى المختبرات. وهنا يكمن فرق ظاهرى بين جسيمات المادة وحاملات القوة، فبينما يكون الكواركات واللبتونات برم مقداره (نصف) يكون للجسيمات حاملات القوة برم مقداره واحد.



مادة وقوي فائقة

ومن أجل أن يتم وصل هذه الجسيمات ذات البرم المختلف، فإن الأمر يتطلب أن يكون بالتماثل الفائق مجموعة من جسيمات المادة وحاملات القوة التى لم نعرفها بعد، ويتوقع العلماء وجود «مادة فائقة» «Supermatter» ، مبنية من جسيمات لها برم كامل (١ ، ٢ ، ...) بدلاً من أنصاف القيم

($\frac{١}{٢}$ ، $\frac{٣}{٢}$ ....) وقوى فائقة Super Forces تنتقل بواسطة عوامل ذات أنصاف قيم برم بدلاً من قيم برم كاملة، وحتى الآن، لا يوجد أى إثبات تجريبى لوجود مثل هذه الجسيمات.

ولكن ما علاقة ذلك بالجاذبية؟

لقد نمت فكرة التماثل الفائق من دراسات مفصلة عن تركيب الزمكان Space Time وتَمُتُّ الجاذبية أيضاً بصلة قربى صميمة لهذا البناء. ويقر التماثل الفائق، أن نظرية النسبية العامة لأينشتاين، ما هى إلا أحد أجزاء نظرية أشمل تعرف بالجاذبية الفائقة. وأحد تداعيات هذه النظرية، أن جسيمات تدعى «الجرافيتونات» Gravitons ، يجب أن تتواجد. وهى جسيمات لها صلة بالجاذبية، وهى عبارة عن العوامل الافتراضية لقوة الجاذبية. إن أحد الاحتمالات المثيرة، أن هذه الجسيمات قد توجد فى الجيل الجديد من معجلات الجسيمات.



ومنذ عـهـد قـريب جـداً، طغى على سطح الفكر العلمى، احـتـمـال بناء نظرية تحـوى كل هذه الأفكار المروعـة، ومـا يزيد عليهـا! فهناك نظرية خاصة، وفيها بدأ الكون بعشرة أبعاد، أربعة منهـا فـقط تمددت لتصبح ما نطلق عليه فى الوقت الحاضر «الزمكان». فى هذه النظرية تنشأ الجسيمات طبيعيًا من التركيب الحسابى الأساسى، كأشياء برعمية، ولكنها مستقلة تمتد فى

الفضاء بأبعاد تبلغ حوالى 10^{-36} متراً. ويطلق على هذه الجسيمات الممتدة اسم «الأوتار» Strings . إن التماثل الفائق، هو أحد المكونات الأساسية للنظرية، والتى عرفت لذلك بنظرية «الأوتار الفائقة» Super string ويهتم علماء الفيزياء بقدرة هذه النظرية، لأنها تصف كل القوى الأربعة الرئيسية، مشتملة على الجاذبية، بطريقة طبيعية، دون إدخال تلاعب على المعادلات الرياضية.

وهى بهذا تمهد لإصدار «التزاوج» الذى طال انتظاره بين الجاذبية ونظرية الكم، وهذا أمر ضرورى فى أى نظرية لكل شئ Theory for Everything .

حقيقة أم خيال علمى ؟ الزمان والمكان هما الكفيلان الوحيدان بالرد على ذلك فى المستقبل القريب.

السوبرنوفا .. والغبار الكوني

«السوبرنوفا» Supernova أنفجار مروّع مذهل لبعض أنواع من النجوم فى نهاية حياتها، وهى عادة نجوم عملاقة استنفدت مخزون الطاقة المتاح لها، بحيث تقوّض قلبها بينما أنفجرت طبقاتها الخارجية وأندفعت بعيداً عنها، فى أنفجار سريع هائل تفوق شدة ضيائه إضاءة مجرة بأكملها. وثمة نوع آخر من هذه الأنفجارات النجمية الجبارة عندما يجذب نجم مدمج صغير شديد الكثافة يسمى «القزم الأبيض» White dwarf ، الكثير من مادة نجم يرافقه، لدرجة أنه يبدأ تفاعلاً نووياً غير متحكم فيه، ينجم عنه أنفجار نووى حرارى Thermonuclear لا يترك وراءه شيئاً!



التحليل المطيافي.. لضوء المجرات

إذن يوجد لدينا نوعان من «السوبرنوفا» تبعًا لنوع «الآلية» الفيزيائية Physical Mechanism السائدة فى النجم المحتضر :

- إما التقوض الداخلى للنجم العملاق أو الأنفجار النووى الحرارى لقزم أبيض. ومع ذلك فإن التصنيف الحالى للأنفجارات النجمية الهائلة «السوبرنوفا» ينبنى على ملاحظة نوع الضوء الصادر منها، حيث إن المعلومات الكامنة فى هذا الضوء، تُخبر الفلكيين عن ماهية العناصر التى أنتجها النجم وأنفجرت فى الفضاء. ويعنى هذا التحليل «المطيافى» Spectroscopic أن هناك «بصمة» للعناصر التى ينتجها النجم، إما خلال حياته أو أثناء أنفجاره وتعتبر هذه العناصر «بذور» المجرات، إذ إنها تكون نجومًا وكواكب أخرى، مما يجعل حياة هذه الأجرام الفضائية ممكنة ومتواصلة فى الكون.

وهناك بقايا من سوبرنوفا فى سحابة ماجلان الصغرى Small Magellanic Cloud . وهى مجرة تبعد عنا بنحو

٢٠٠,٠٠٠ سنة ضوئية، يبلغ هذه البقايا ألف سنة فقط، مما يعنى أن هذا أحدث أنفجار للسوبرنوفا يتم اكتشافه حتى الوقت الحاضر.. غير أن الفلكيين متحيرون من النقص غير المسبوق للغبار الكونى فيه Cosmic Dust .



إذ تتنبأ النظريات الحالية بشأن السوبرنوفا، بأن الغبار المصاحب لها يجب أن يكون مئة مرة أكثر من الغبار الذى رصده الفلكيون. ومن الممكن أن تكون الموجات الصدمية Shock-waves الناجمة عن الأنفجار الهائل، منعت تكوّن الغبار أو أن أجهزة الرصد الفضائية التى تعمل بالأشعة تحت الحمراء، لم تتمكن من رؤيتها. وتبين واحدة من أحدث بقايا السوبرنوفا عمراً – وهى عبارة عن كرة حمراء متوهجة من الغبار المتولد من الأنفجار الذى حدث منذ ألف سنة لنجم فائق الكتلة فى مجرة سحابة ماجلان الصغرى – نفس المشكلة التى تحدث عند أنفجار النجوم فى مجرتنا «الطريق اللبنى» حيث يوجد غبار كونى قليل جداً.

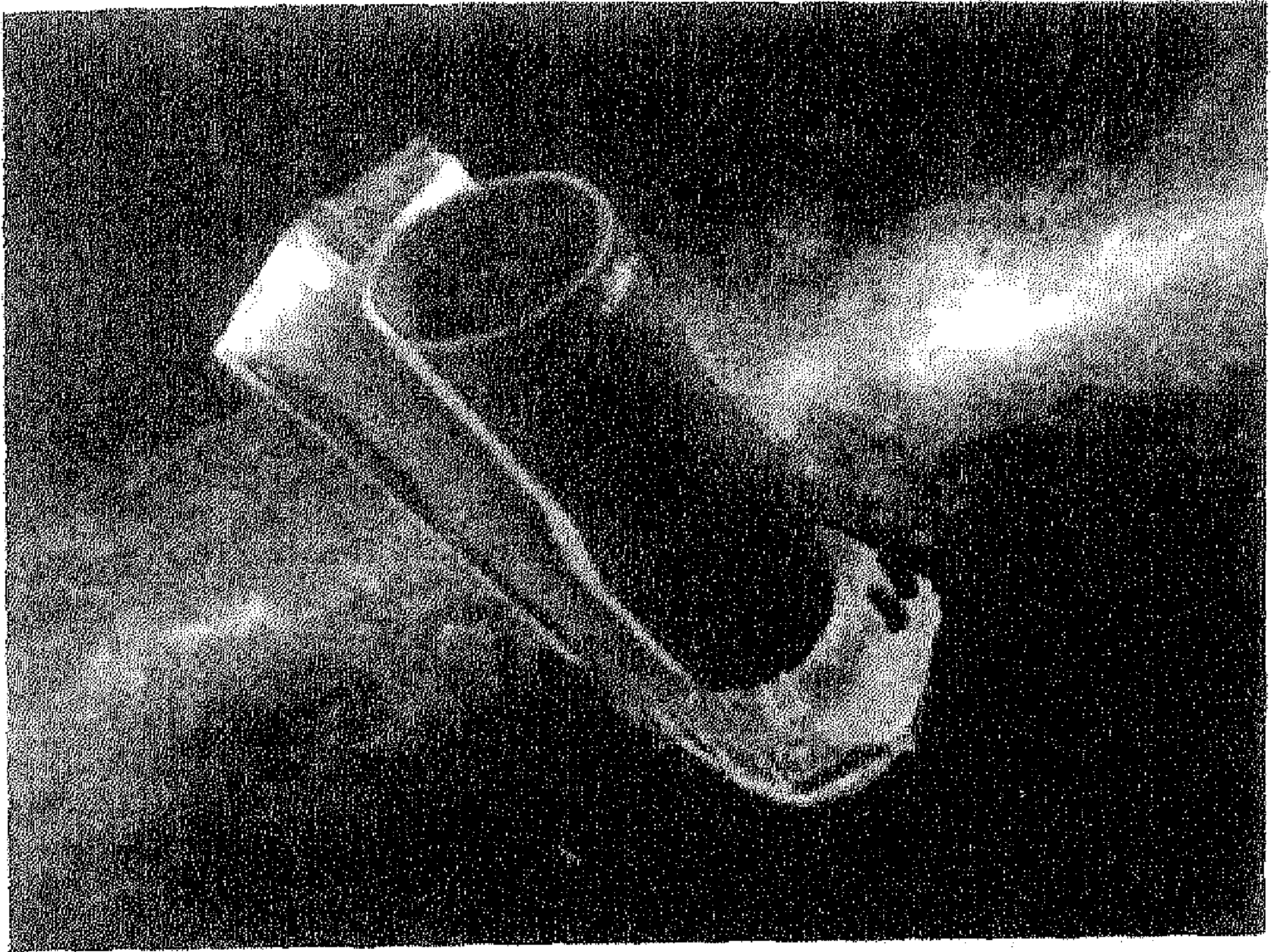
لغز.. الغبار الكوني

وعلى ضوء القياسات والأرصاد الحديثة، يوضح الفلكيون الذين يستخدمون كاميرات حساسة للأشعة تحت الحمراء، على متن التلسكوب الفضائى «سبيتزر» Spitzer (الذى أطلق عام

٢٠٠٣) التابع لوكالة «ناسا» الأمريكية أن هناك على الأكثر واحداً من مائة من مقدار الغبار الكونى، الذى تنبأت به النظريات الحالية للأنفجارات الهائلة للنجوم المتقوضة من الداخل، وهو ما يعادل تقريبًا كتلة كل كواكب المجموعة الشمسية. وربما تتساءل: ما أهمية ذلك لعلماء الفلك ؟ تسألنى فأجيبك : إن هذا الاختلاف الشاسع فى كمية الغبار الكونى، يمثل تحدياً للعلماء الذين يحاولون فهم أصل النجوم ونشأتها عند بداية الكون، لأن الغبار الناجم أساسًا عن أنفجارات النجوم، يُعتقد أنه بذرة نشوء جيل جديد من النجوم. وبينما تُظهر أيضًا بقايا النجوم العملاقة المتفجرة فى مجرتنا «الطريق اللبنى» وجود غبار أقل من المتوقع، فإن الفلكيين كانوا يأملون فى أن تتفق الأنفجارات النجمية فى مجرة سحابة ماجلان الصغرى مع النظريات السائدة، إذ أنها الأقل تطوراً. .

والحقيقة أن أكثر الأعمال والدراسات السابقة تركزت على مجرتنا فقط، لأنه لم يكن لدينا التلسكوبات الفائقة، لكى نبحث بعيداً فى المجرات الأخرى، ولكن مع وجود التلسكوب الفضائى

«سبيتزر» أصبح بمقدورنا الحصول على أرصاد وقياسات بالغة الدقة لمجرة سحابة ماجلان الصغرى.

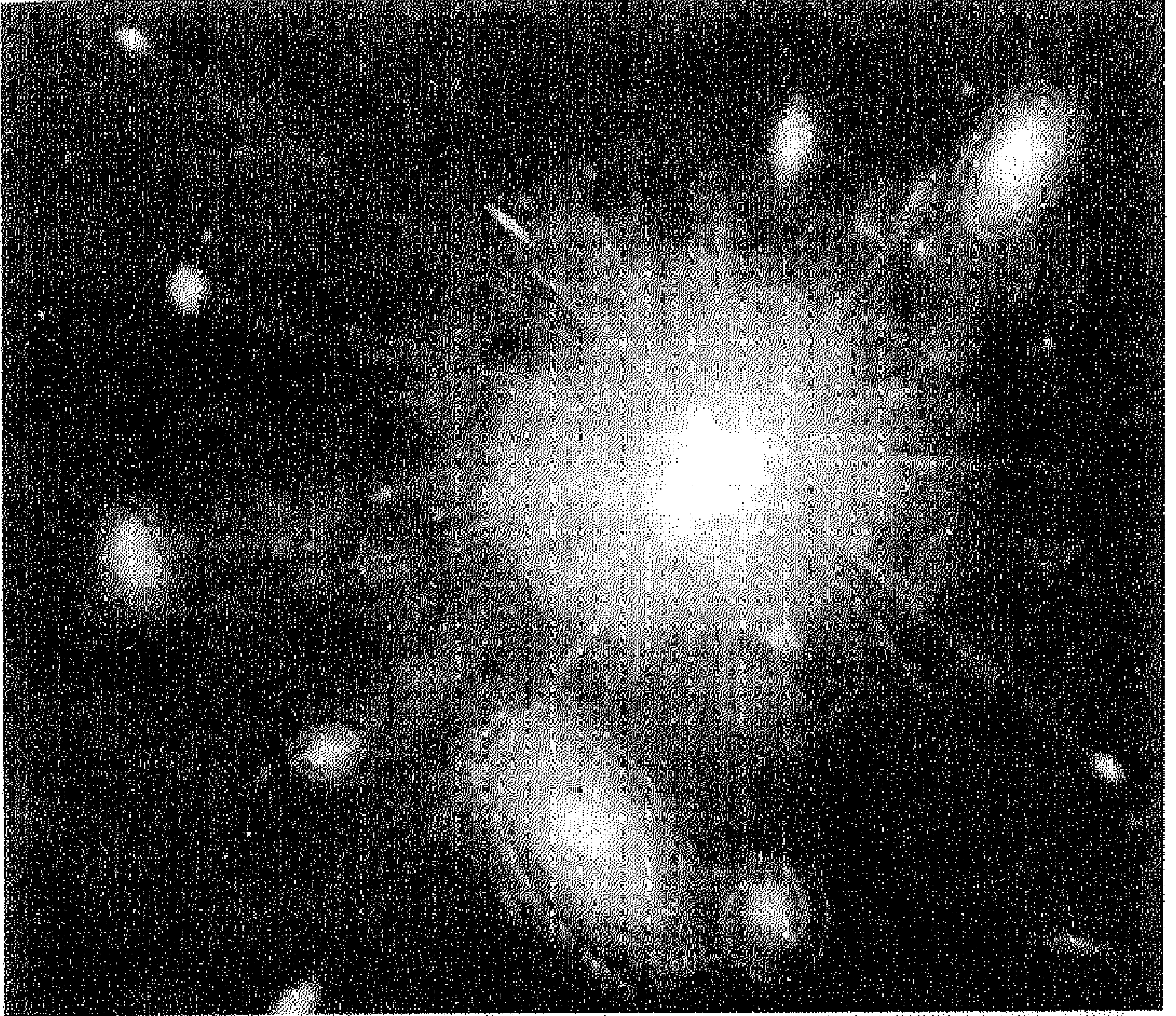


ونظراً لأن الأنفجارات النجمية الهائلة (سوبرنوفا) فى مجرة سحابة ماجلان الصغرى، تتسم بظروف مماثلة لتلك التى نتوقع

حدوثها فى المجرات المبكرة من عمر الكون، فإن هذا اختبار لا مثيل له لتكون الغبار فى بدايات نشأة الكون.

ويعتقد الباحثون أن الاختلاف بين النظرية والملاحظات والأرصاد، يمكن أن تنجم عن شئ يؤثر على كفاءة تكاثف العناصر الثقيلة إلى غبار، من معدل أعلى بكثير من تدمير الغبار فى الموجات الصدمية للأنفجارات النجمية النشطة أو أن الفلكيين يفتقدون كمية كبيرة جداً، من تيار كوني أكثر برودة، يمكن أن يكون قد «اختبأ» من الكاميرات الحساسة للأشعة تحت الحمراء التى ترصد الظواهر الفلكية التى تشع حرارة.

كذلك يوحى هذا الاكتشاف بأن مواقع بديلة لتكوّن الغبار، وخصوصًا الرياح العاتية المنطلقة من النجوم الكثيفة – والتى تحتوى على جسيمات دون ذرية مشحونة كهربيًا – ربما تعتبر مشاركات أكثر أهمية، فى تجمع الغبار الكونى فى المجرات الأولية، من الأنفجارات النجمية الجبارة.



والنجوم الكثيفة أو كبيرة الكتلة – أى النجوم الأكبر من شمسنا بـ ١٠ إلى ٤٠ مرة – يُعتقد أن حياتها تنتهى بتقوّض هائل لقلبها الداخلى، يؤدى إلى أنفجار وتطاير الطبقات الخارجية للنجم، وانطلاق عناصر ثقيلة مثل السليكون والكربون والحديد

بعيداً فى الكون، فى شكل سحب كروية متوّهجة تتسع إلى الخارج، والمعتقد أن هذا الغبار الكونى هو مصدر المادة التى تتكون أو تنشأ منها أجيال جديدة من النجوم، تحتوى على عناصر أكثر كثافة، تسمى «معادن» بالإضافة إلى كميات هائلة من غاز الهيدروجين وغاز الهليوم.

مجرة جبارة..ومجرتان قزمتان

تم تشكيل مجموعة لمتابعة دراسات «سبيتزر» لمجرة سحابة ماجلان الصغرى، واستفادت تلك المجموعة من قدرة التصوير الفائقة وغير المسبوقة لهذا التلسكوب الفضائى، فى دراسة التفاعلات الحادثة فى المجرة بين النجوم الكثيفة وسحب الغبار الكونى والبيئة المحيطة.

ومجرة سحابة ماجلات الصغرى، تشبه معملاً لاختبار تكوّن الغبار فى المجرات، فى ظل ظروف قريبة إلى حد كبير منها، فى المجرات التى نشأت فى بداية الكون. وينطلق معظم اشعاع بقايا السوبرنوفا، فى النطاق تحت الأحمر من الطيف وبواسطة

«سبيتزر» سوف يتمكن العلماء - فى المستقبل القريب - من رؤية أشكال تلك الأجسام للمرة الأولى.

وتدور سحابة ماجلان الصغرى ورفيقتها سحابة ماجلان الكبرى، حول مجرتنا «الطريق اللبنى» الأكبر حجمًا من كل منهما، وكل تلك المجرات الثلاث عمرها حوالى ١٣ ألف مليون (بليون) عام.

وعبر العصور والدهور، أخذت مجرتنا تدفع وتجذب تلك المجرتين القزمتين التابعتين لها، مما أحدث اضطرابًا دواميًا، لعله المسئول عن المعدل البطئ لتكون النجوم بهما، وبالتالى التطور المتئد الذى جعل سحابة ماجلان الصغرى، تبدو مثل المجرات الأحدث نشأة منها، والتى يرصدها العلماء أبعد بكثير عنها فى الكون.

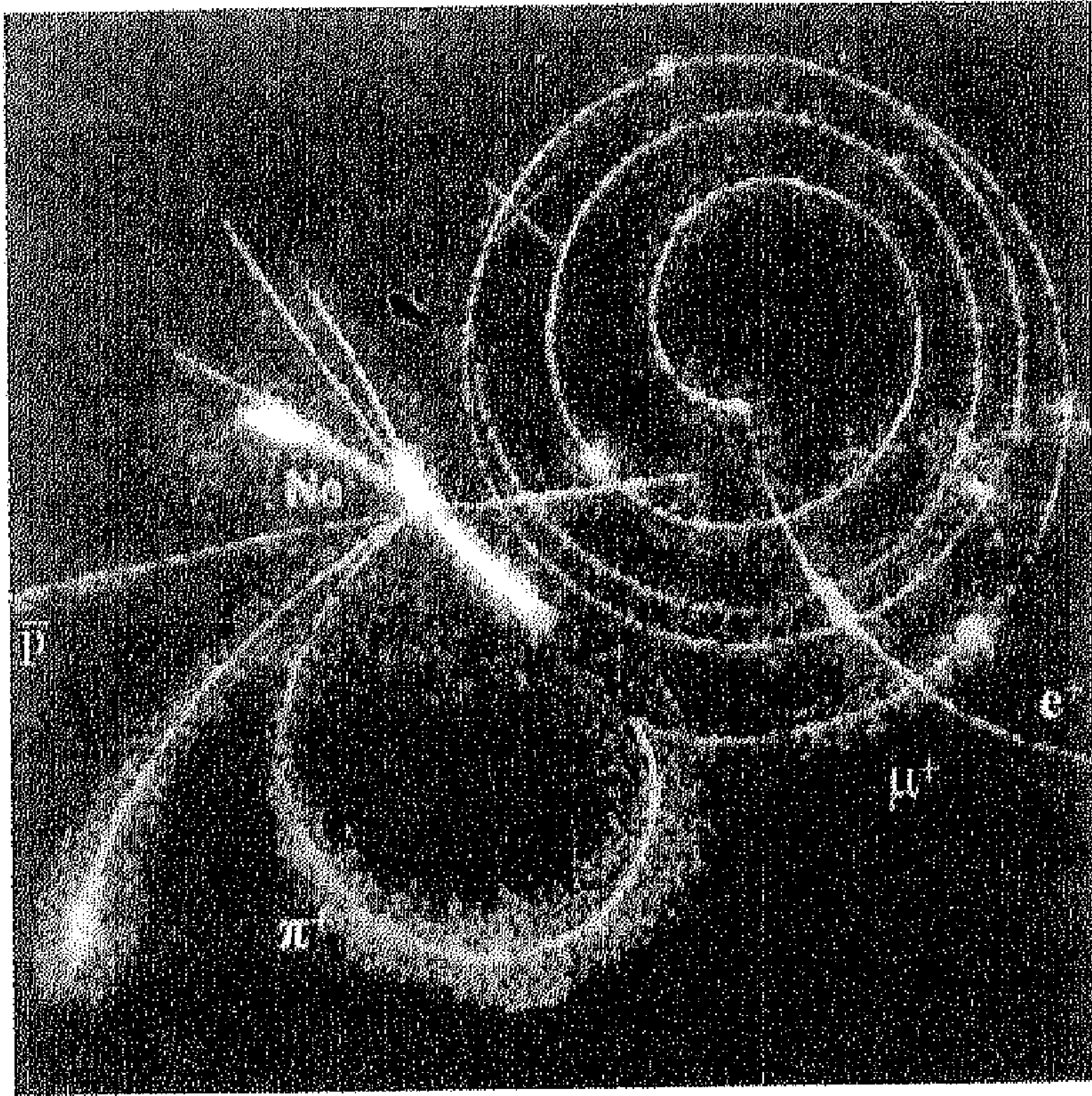
التماثل.. والكون الظل

إن التماثل Symmetry هو المفتاح إلى الفهم الحديث للجسيمات دون الذرية والقوى وعلى سبيل المثال، فعند وجود طاقات عالية جداً، لا يوجد أى فرق بين الكهرمغنطيسية Electromagnetism والقوة الضعيفة Weak .

إذ يتم وصفهما باعتبارهما قوة واحدة هى «الكهرضعيفة» Electroweak وأبسط طريقة لفهم هذه القوة، تكون من خلال كتلة الجسيمات التى تحمل القوى الكهرمغنطيسية وهى الفوتونات photons عديمة الكتلة، ومدى الفوتون كقاعدة غير محدد «لانهائى» إذ أن أبعد كوازر Quasar «شبه نجم» له أزاحة حمراء Redshift أكبر من ٤,٥ ، يمكن أن يؤثر كهرمغنطيسياً على كوكب الأرض ذاته – وهو ما يحدث فى الحقيقة – عندما يأتى فوتون من كوازر ويصطدم بلوح فوتوغرافى داخل تلسكوب أرضى. وعملياً – نظراً لتوازن الشحنات الموجبة والسالبة – فإن القوى الكهرمغنطيسية ليست هامة عبر ملايين السنوات الضوئية، كما فى هذه الحالة.

البوزون.. والجسيمات الإفتراضية

وللمقارنة فإن الجسيمات التى تحمل القوة الضعيفة، تقل كتلتها قليلاً عن مائة مرة قدر كتلة البروتون، ولكى يؤثر جسيم واحد على آخر – عن طريق القوة الضعيفة – فإنه يجب ايجاد حاملات القوى التى يطلق عليها «البوزونات» Bosons ، ويتميز هذا البوزون بأنه كبير الكتلة.



وعلى البوزون أن ينطلق خارجاً من الفراغ حسبما يسمح به مبدأ اللايقينية الكمية Quantum Uncertainty Principle «مبدأ اللايقينية هو القول بأنه فى كل مقدارين يرتبط أحدهما بالآخر، كلما زادت الدقة فى تعيين أحدهما فى وقت ما، زاد الاشتباه فى تعيين الآخر فى نفس ذلك الوقت»، ويندفع هذا البوزون حتى الجسيم المجاور ثم يُمتص فى الفراغ، بعد أن يكون قد أثبت وجوده ولأن هذه الجسيمات الإفتراضية Virtual كبيرة الكتلة، فإنها لا توجد إلا لفترة قصيرة جداً، وينحصر مداها فى المسافة التى يمكن أن تقطعها فى هذه الفترة، وتبلغ تقريبًا المسافة عبر نواة الذرة !

وتصبح القوة الكهرمغنطيسية والقوة الضعيفة متماثلتين، بحيث يصعب التفريق بينهما عند وجود طاقة كبيرة . وتنشأ هذه البوزونات بوفرة بنفس الطريقة التى توجد بها الفوتونات عديمة الكتلة بوفرة فى النجوم حاليًا، أو حتى فى أى تيار كهربائى معقول يسرى فى مصباح كهربائى أو ضوء كشاف.

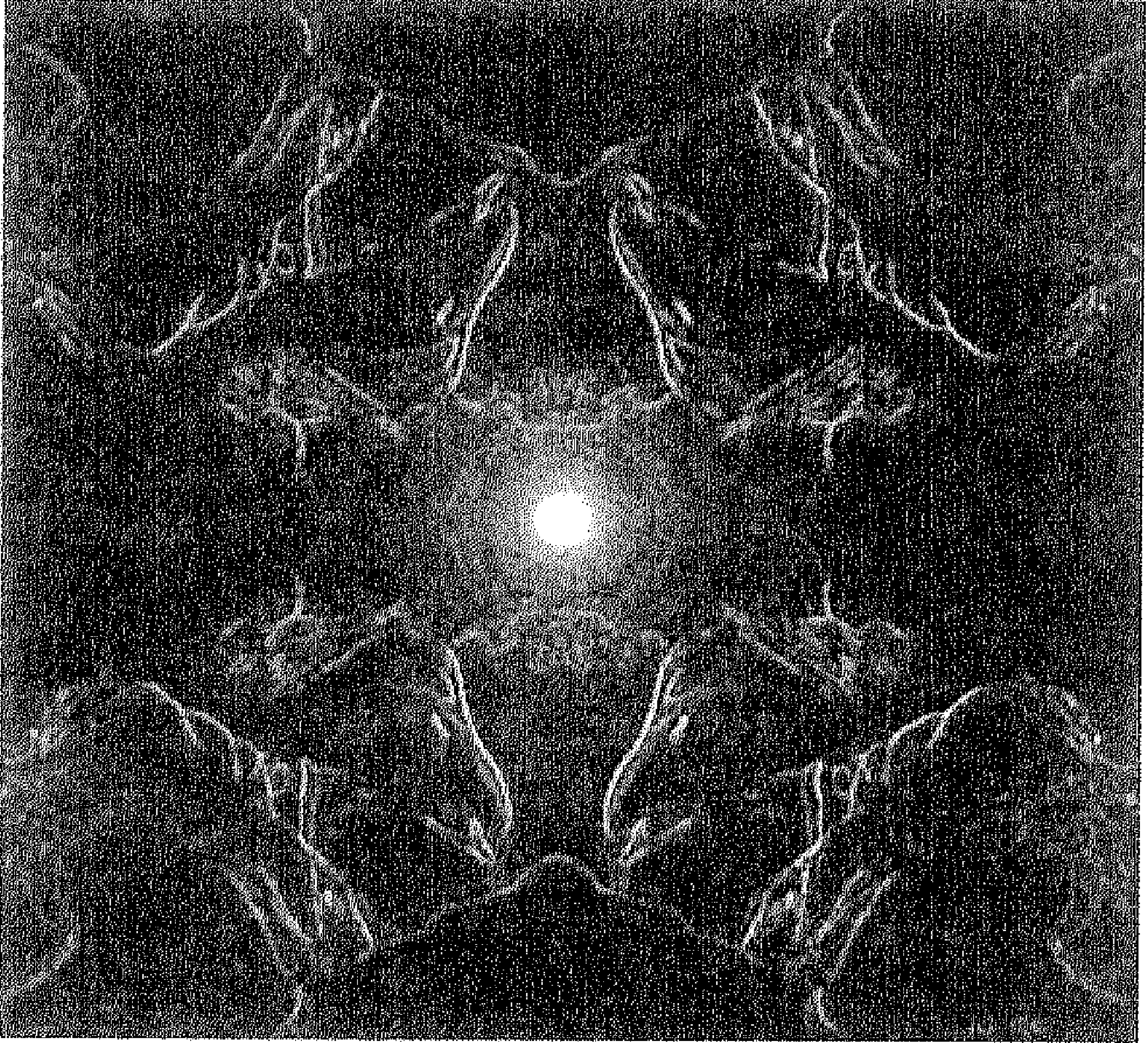
فهل إذا كان الكون بأسره عند درجة حرارة مرتفعة جداً،

فإن البوزونات الضعيفة لا تلبث أن تصبح حقيقية بدلاً من كونها إفتراضية ؟

التماثل الفائق

لقد سادت مثل هذه الظروف فى الأنفجار الأعظم Big Bang ، عندما أنخفضت درجة الحرارة إلى الحد الذى توقفت فيه البوزونات الضعيفة عن الوجود كجسيمات حقيقية، واختفى التماثل بين القوى الضعيفة والكهرمغنطيسية.

وزوال التماثل ليس هاماً فقط لأنه يفسر كيف حدث تعقّد الكون البارد الذى نعيش فيه الآن، منذ الأنفجار الأعظم الذى كانت حرارته مروّعة، بل لأن التغيرات المقترنة ببعض أشكال زوال التماثل، توفر الطاقة اللازمة لدفع الكون خلال فترة التضخم Inflation ، التى خففت التخضنات فى الزمكان Space time وجعلته مستوياً.



وأعظم تماثل اكتشف حتى الآن، هو التماثل الفائق Super Symmetry أى التماثل المفترض بين الجسيمات والقوى، التى تحطمت سريعًا جدًا عقب لحظة الخلق إلا أن بعض التعديلات المشرقة فى نظرية الأوتار الفائقة Superstrings تتضمن تماثلاً يبلغ ضعف هذا التماثل.

وهناك «مكان» فى نظرية الأوتار الفائقة، لطبقة تماثل أخرى، يتوازن فيها العالم المشترك من الجسيمات والقوى التى نعرفها، مع عالم أخر معقد يحتوى على جسيمات وقوى لا نعرف شيئًا عنها، والتجارب المستقبلية كفيلة بالكشف عنه.

وطبقًا لهذه النظريات فإن ذلك هو طبقة التماثل النهائية. وقد حدث الأنشطار فى نفس الوقت، الذى أصبحت فيه الجاذبية متميزة عن القوى الأخرى فى الطبيعة، أى بالضبط بعد $١٠^{-٤٣}$ ثانية من لحظة الخلق.

كون.. الظل

عندما كان الكون فى بداية نشأته حيث كانت الحرارة مروعة، كان هناك تماثل رائع لا يمكن فيه تمييز كافة القوى والجسيمات عن بعضها البعض. ولكن بعد أن انطلقت الجاذبية من عقال القوى الأخرى، انقسم التماثل إلي «تماثلين» صغيرين متطابقين مبدئياً، وأحد هذين التماثلين الصغيرين – الذى تعرض لسلسلة متعاقبة من الأنشطارات – كان وراء الكثير من القوى

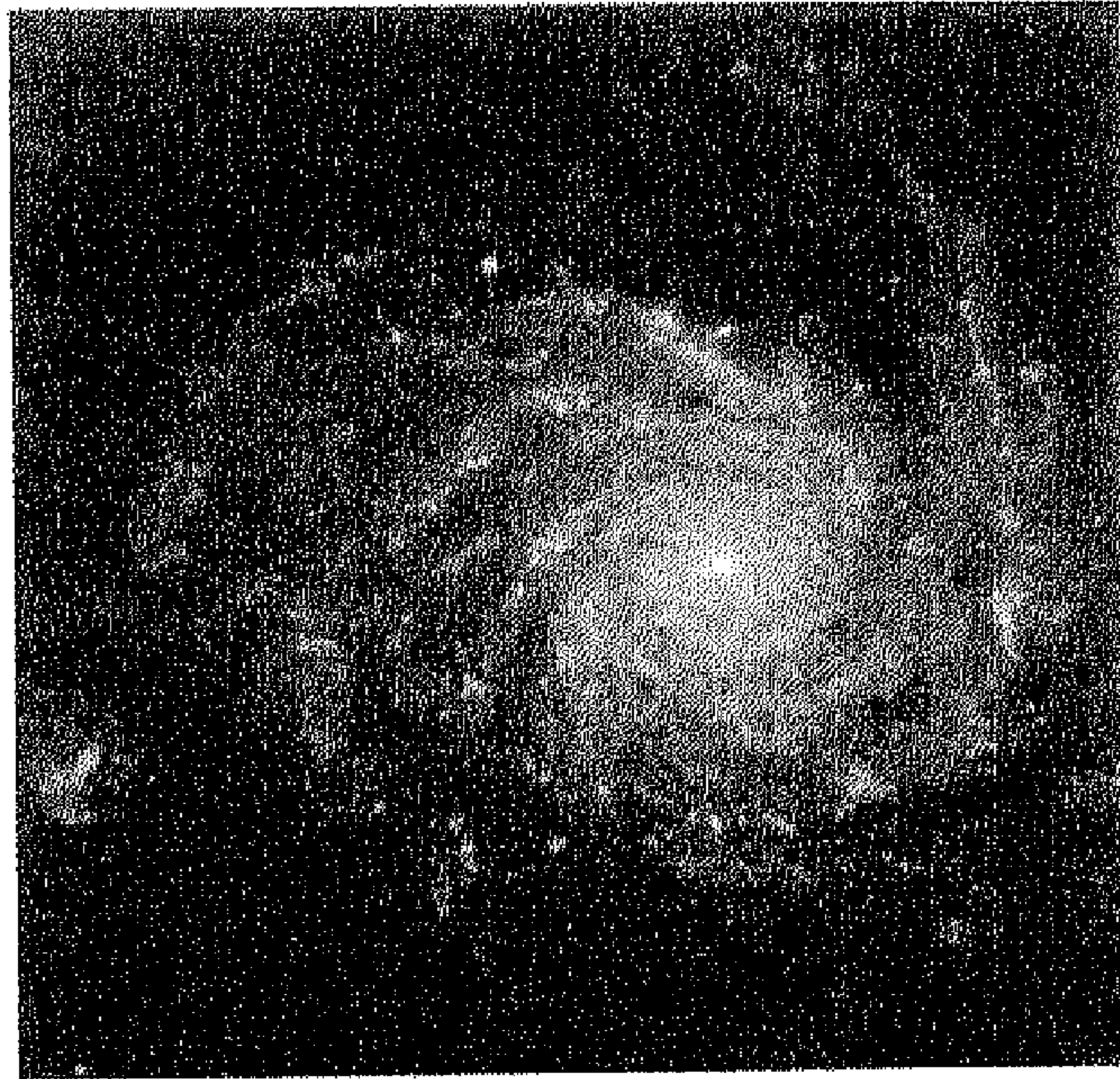
والجسيمات التى نعرفها فى الوقت الحاضر.

ولكن ما الذى حدث للتماثل الآخر ؟

من الجائز أن يكون قد حدث له أى شئ لعله باستمرار إنقسامه، قد أوجد كثيراً من الجسيمات والقوى التى ربما تتشابه مع تلك الموجودة في كوننا، وربما لا تتشابه معها. ولكن أهم شئ بصدد هذا التماثل الآخر «أو الكون الآخر» أنه نتيجة لأنقسامه من كوننا – وقت أن أصبحت الجاذبية ملحوظة – أن الجاذبية أصبحت هى القوة الوحيدة المشتركة بين هذين الكونين. وربما كان بمقدورنا أن نكتشف هذا الكون الآخر من خلال تأثيره التجاذبى على مادة كوننا، إلا أننا لا نستطيع مطلقًا أن نتفاعل معه بأى طريقة كانت.

فما هى التسمية التى نستطيع أن نطلقها على هذا الكون الآخر، عدا «كون الظل» Shadow Universe، وما عسى أن تكون محتوياته سوى «مادة الظل» Shadow Material، ولعلك تحيا فى قاع أحد محيطات مادة الظل أو تسير عبر سفح أحد جبال الظل دون أن تدرك ذلك !

ومادة الظل هى المقترح الواضح للجزء الأسود من الكون هو – على الأرجح – كون ثان كامل يتغلغل فى كوننا ويتمدد معه ويشترك معه، فى تأثير الجاذبية، ولكنه خفىّ ولا يمكن كشفه. وإذا كان كون الظل هو صورة طبق الأصل لكوننا «أى صورة مرآة له» وبنفس القدر من المادة، التى تكوّن كواركات الظل Shadow Quarks ولبتونات الظل Shadow Leptons وكذلك ربما ظل المادة المظلمة Shadow Dark Matter على شكل أكسيونات ظل Shadow Axions فلابد أن يكون هناك نجوم وكواكب ظل داخل مجرتنا .



وربما يطمئنك أن تعلم أنك لا تعيش داخل أحد جبال الظل، إذ على الرغم من أن شكلى المادة «المادة العادية والمادة الظل» ، يمكن بالفعل أن يتغلغل أحدهما فى الآخر لتكوين كوكب «أو كوكب مزدوج» ، إلا أن حسابات كتلة الأرض والمقارنات مع الحركات المدارية للأقمار توضح وجود مادة ظل أقل من ١٠ ٪ داخل كوكبنا، وربما لا شئ مطلقاً.

واحتمال وجود مادة ظل داخل الشمس، هو أكثر ضآلة لأن هذا النوع من المادة الغريبة، سوف يغوص فى القلب، ويحدث تأثيراً تجاذبيًا فى المناطق الداخلية من الشمس، دون أن يؤثر عليها من أى ناحية أخرى. مما يجعل الشمس أسخن فى منتصفها، وسوف يتضح ذلك فى الدراسات المستقبلية للنيوترينوات Neutri-nos القادمة من الشمس.

والأرجح أن فكرة كون الظل، الذى يشبه تمامًا كوننا الذي نعيش فيه، مازال فى نطاق الخيال العلمى، ولكن لا داعى لليأس إذا كانت لديك القدرة على التحليل والاستنتاج.

ولكن لماذا – قبل أى شئ آخر – يجب أن يكون كون الظل قد تعرض تمامًا لنفس نوع تحطيم التماثيل الذى تعرض له كوننا ؟

ربما كان يتضمن أنواعًا مختلفة من الجسيمات والقوى، بحيث تنطبق عليها قوانين فيزيائية مختلفة. فعلى سبيل المثال فإن كل مادة كون الظل قد تتفتت أو تتحلل إلى جسيمات دون كتلة، أو لابد ن يكون هناك توازن تام بين مادة الظل ومضاد مادة الظل Anti Shadow Material بحيث تفنى مادة الظل إلى إشعاع.

كذلك يجب أن يكون هناك واحد أو أكثر من أنواع جسيمات الظل، التى تحتوى جميعها على القدر الصحيح من الكتلة التى تنشئ الكون «أو الأكوان» مسطحًا، وتظل منتشرة بانتظام خلال الفضاء وبدون أن تتجمع مع بعضها البعض فى نجوم أو مجرات.



المادة المظلمة.. والكثافة الحرجة

فإذا لم يرق لك ذلك، تخيّل كونًا للظل تكون فيه قوانين الفيزياء مختلفة، بحيث لا يكون النجم أكبر من أى منزل موجود على سطح الأرض. وإذا حدث وسقط نجم الظل على مدينة ما فلن يشعر سكانها بأى شئ.

وأنا لست - كما قد تكون قد تصورت - متحمسًا لفكرة كون الظل، ولكن هناك فرصة كبيرة للتصور وفرصة قليلة جدًا للاختبارات والملاحظات التجريبية. والجسيمات التى نعرف بوجودها «مثل النيوترينوات» أو التى تتطلبها أفضل نظرياتنا «مثل الإكسيونات»، تسهم بشكل رائع فى جميع المادة المظلمة، بل قد توفر الكثافة الحرجة Critical Density للكون المسطح دون ترك أى مكان لمادة الظل. ومادة الظل هى ببساطة شئ رائع فيما يتعلق بالجاذبية، بيد أننا لا يمكننا أن نثبت عن طريق معرفة طبيعتها أنها موجودة بالفعل.

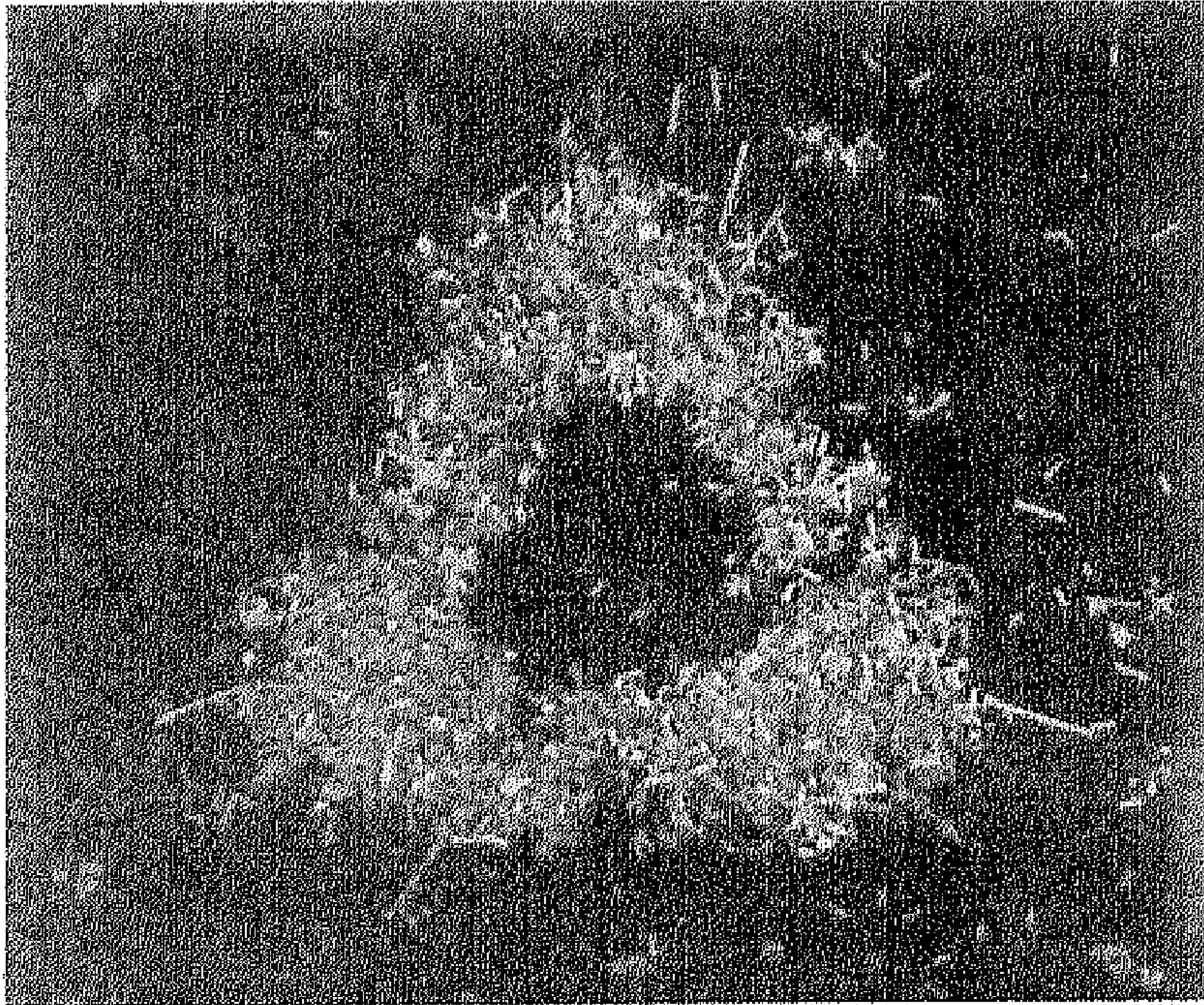
إننا نستطيع أن نكشف عن وجود المادة المظلمة Dark Matter الباردة فى المختبر أو من خلال تأثيرها على الشمس والنجوم والمجرات وكذا دراسة خواصها، إلا أنك لن تتمكن من الإمساك بمادة الظل ما لم تكن محظوظًا بما يكفى لتجد ثقبًا أسود دقيقًا Mini Black Hole لأن إشعاع هوكنج Haw-king's Radiation الذى يصدر عن الثقب الأسود سوف

يشـــتـــمل على كـل من المادة والمادة الظل. ولكن عليك أولاً اقتناص هذا الثقب الأسود.

كـيف يمكن إذن أن نعـرف إذا مـا كـان هذا الكون الظل مـوجـوداً بالفـعل؟ تكمن الإجـابة فى الجـاذبيـة تلك القـوة التى يتشارك فيـهـا كوننا مع الكون الظل، وأعتـقد أن الجاذبية سوف تكون فى بؤرة الأبحاث العلمية المستقبلية.

جاذبية المليمتر.. وجدار الأوتار الفائقة

لماذا تبدو الجاذبية بهذا الضعف بين مكوّنات الذرة ؟ وما هو سر شدة القوى الملونة Color Forces التى تربط الكواركات معًا ؟ ولماذا يوجد – فى النموذج المعيارى لفيزياء الجسيمات دون الذرية – طاقات متباينة إلى حد كبير، وهى التى تميز القوى الأساسية التى من المفروض أن تكون متحدة ؟ وما الذى يحدد هذه الطاقات المنفصلة ؟



إن الإجابات عن هذه الأسئلة البالغة الأهمية – والتى ستكون فى بؤرة الأبحاث العلمية المستقبلية – ربما تكمن فى وجود أبعاد إضافية Extra Dimensions ملتفة على شكل أنشوطات Loops كونية دقيقة. وبمعنى آخر، فإن كوننا ربما يكون – فى أجزاء منه لم يتم رصدها حتى الآن – لا يتجاوز عرضه ملليمتراً واحداً ! وفى هذا الفصل سوف نتعرض للأنشوطات الكونية التى تمثل أبعاداً إضافية لا تتجاوز من جانب إلى آخر... ملليمتراً واحداً وربما أقل!

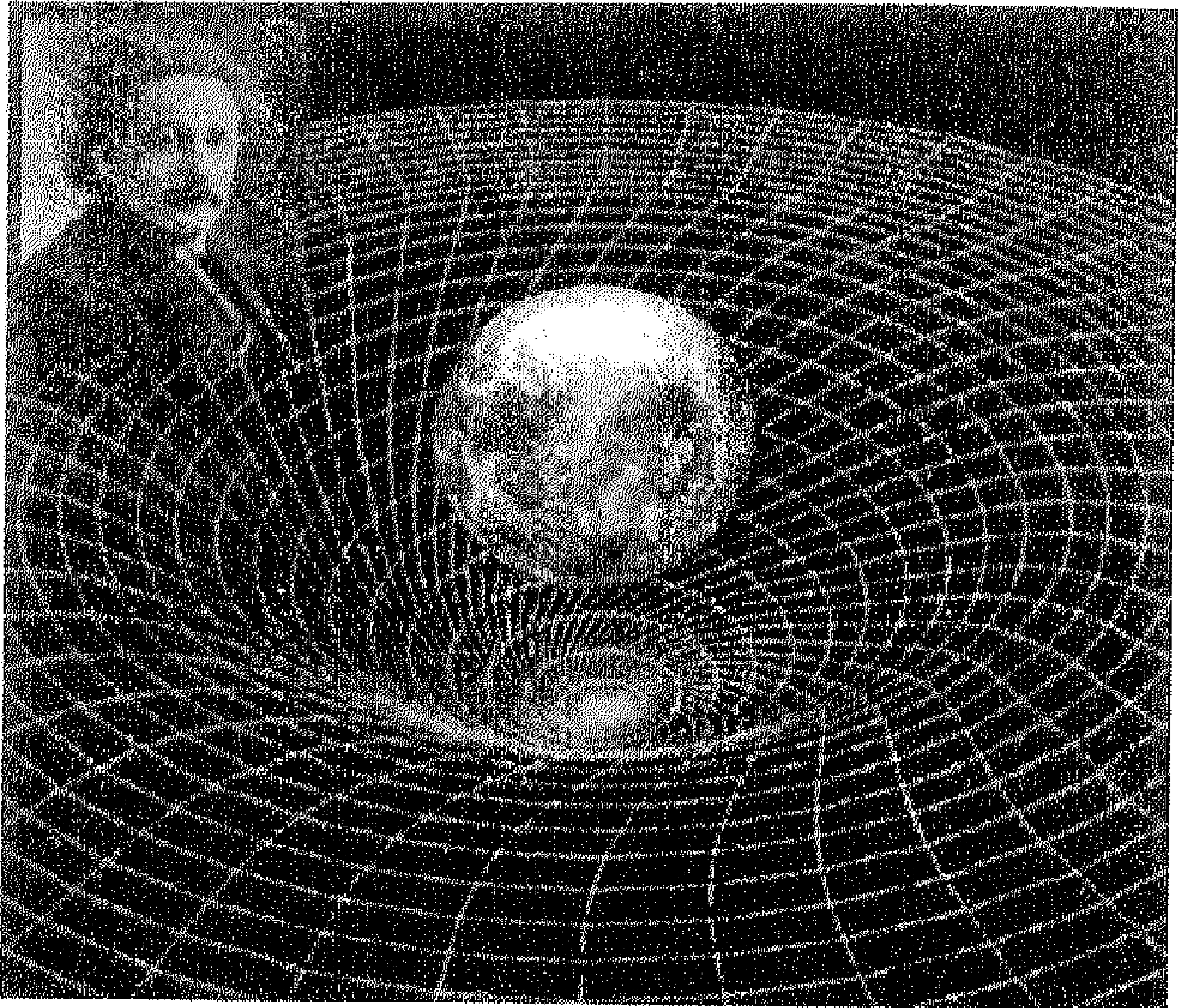
البُعْدُ المفقود ...والنظرية النسبية

ترجع فكرة الأبعاد الإضافية إلى عام ١٩١٩، عندما كانت النظرية العامة لألبرت أينشتاين مازالت فى بداياتها، وكانت فى ذلك الوقت تعد النظرية المعيارية للجاذبية. فى هذا العام أرسل عالم رياضيات ألمانى – يدعى «ثيودور كالوسا» Theodor Kalusa بحثًا علميًا إلى أينشتاين، يتضمن فكرة إضافة بُعْدٍ خامس إلى النظرية النسبية العامة. وأشار كالوسا فى بحثه، إلى أنه يمكن

دمج إنجازات «ماكسويل» Maxwell فى مجال الكهرمغنطيسية، فى الإطار النظرى للنسبية العامة. وكانت هذه الفكرة خطوة أولى جريئة لصياغة «نظرية المجال الموحد» Unified field Theory وقد أبدى أينشتاين تشجيعًا لكالوسا، ومن ثم تمكن هذا الأخير من نشر بحثه العلمى فى عام ١٩٢١ .

ومع هذا فقد ناقش أينشتاين البُعْد الخامس الذى أضافه كالوسا، لأنه على الرغم من المعادلات الرياضية «الأنيقة» التى توضحه، لم يكن هناك دليل على وجود ،هذا البُعْد الإضافى. وأدرك أينشتاين بأننا لو كنا نعيش فى خمسة أبعاد - وليس أربعة - لكنا قد شعرنا بهذا الأمر . وتم حل مشكلة هذا البُعْد «المفقود» جزئيًا فى عام ١٩٢٦ ، عندما أشار عالم فيزيائى دانماركى - يدعى «أوسكار كلاين» Oscar Klien إلى أن البعد الخامس الإضافى - الذى اقترحه كالوسا - ربما يكون «مختبئًا» ، إذا أخذنا فى الاعتبار أنه «مدمج» حيث يكون ملتفًا حول نفسه، فى داخل أنشوطة كونية دقيقة الحجم.

وعندما إنضم البعد الإضافى لكالوسا - كإمتداد للنظرية النسبية العامة - إلى فكرة كلاين بإندماج هذا البعد، تكونت نظرية «كالوسا - كلاين» Kalusa - Klein ، أو نظرية «ك - ك» . وبعد عدة عقود من مناقشة هذه النظرية، أصبحت من أهم نظريات الفيزياء النظرية للجسيمات دون الذرية.



الأنشوطة الكونية...والجسيمات

إن الجسيم دون الذرى الذى له كمية تحرّك Momentum موجهة على طول البعد الإضافى لكالوسا، سوف يسير حول أنشوطة كلاين، وسرعان ما يعود إلى النقطة الذى بدأ منها.

ولابد أن الجسيم دون الذرى المشحون ينطلق - مرة بعد أخرى - حول أنشوطة «ك - ك» حتى لو كان فى حالة «سكون» Rest فى الفضاء العادى. وإذا تحرك - على سبيل المثال - فى اتجاه عقارب الساعة حول الأنشوطة، ففى هذه الحالة تكون شحنته الكهربائية موجبة، أما إذا كانت حركته عكس عقارب الساعة، تكون شحنته سالبة.

إن سر قوة نظرية «ك - ك» يكمن فى أنها تكشف عن علاقات بين قوانين فيزيائية تبدو وكأن لا علاقة بينها.

لقد أصبحت نظرية «ك - ك» إحد المقومات الأساسية فى نظرية الأوتار الفائقة Superstring Theory وفى هذه النظرية مجموعة من المعادلات الرياضية الأنيقة، التى تجمع ما بين ميكانيكا الكم Quantum Mechanics والجاذبية.

وترفض نظرية الأوتار الفائقة، الفكرة التقليدية بأن الجسيمات دون الذرية الأساسية (الإلكترونات والبروتونات... الخ) عبارة عن نقاط ذات حجم بالغ الدقة «مطمورة» فى فضاء ذى ثلاثة أبعاد بالإضافة إلى بُعْد رابع هو الزمن. وبدلاً من ذلك فإن هذه النظرية تقول بأن الجسيمات دون الذرية الرئيسية عبارة عن أشكال خيطية كالأوتار «مطمورة» أيضًا ولكن فى عشرة أبعاد أو أكثر.

وهذه الأبعاد الإضافية – وفق نظرية «ك-ك» مدمجة فى أنشوطات كونية بالغة الضآلة، وهى مسئولة عن القوى الأساسية : القوية والضعيفة والكهرمغنطيسية والجاذبية!. وفى العقد الأخير من القرن العشرين، حظيت نظرية الأوتار باهتمام معظم علماء الفيزياء النظرية، ومن ثم حققت تقدمًا ملحوظًا.

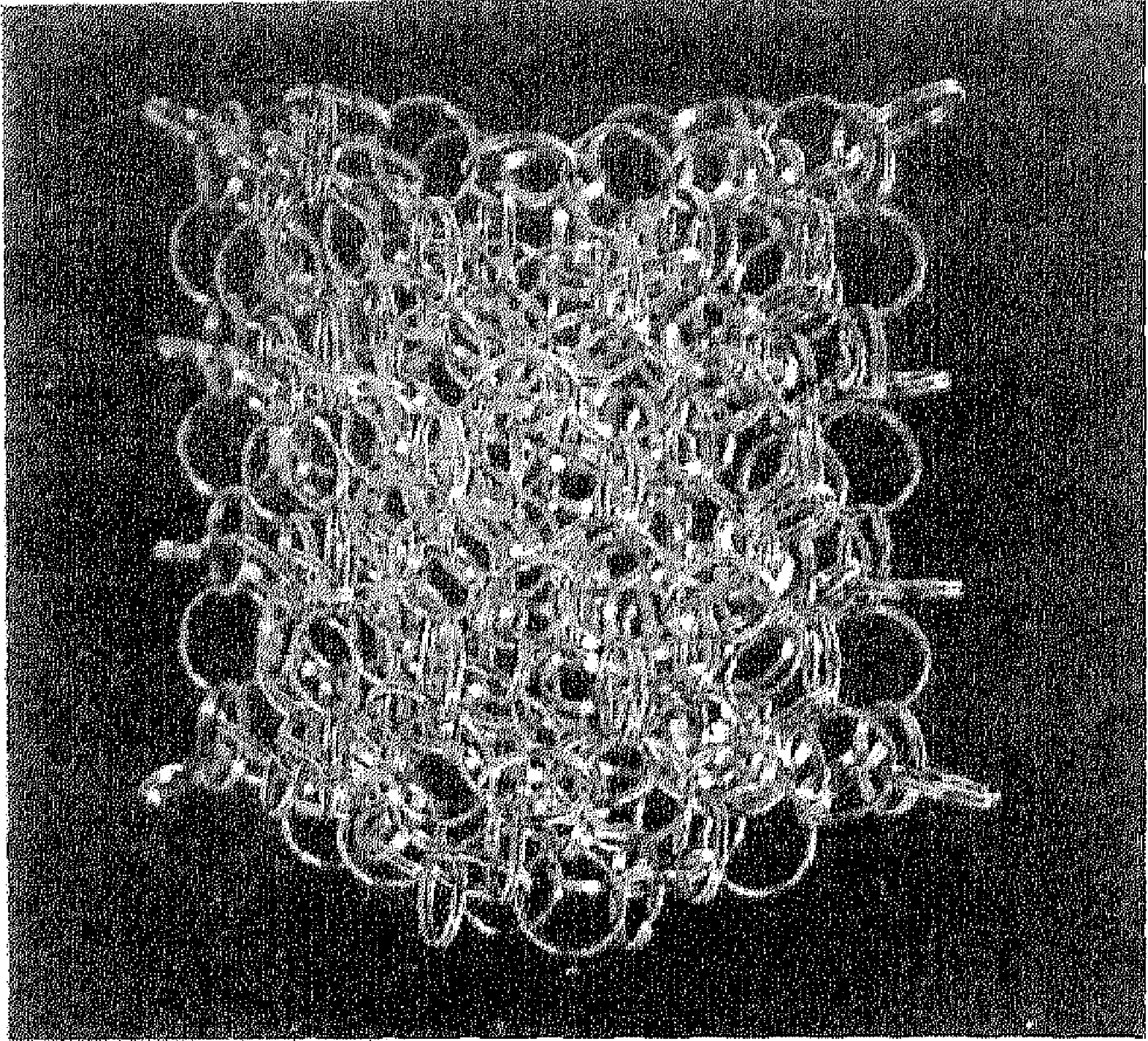
الأغشية ... والمعادلات الرياضية الأنيقة

وقد تبين وجود تكوينات من الأوتار الفائقة تشبه «الجدران» المتعددة الأبعاد (يطلق عليها «أغشية» Branes) . ومع هذا فإن

نظرية الأوتار مازالت تعانى من مشكلة جوهرية تتمثل فى عدم إمكانية خضوعها للتجربة العملية – التى هى أساس البحث العلمى – بل تعتمد على المعادلات الرياضية «الأنيقة» مما يعد عقبة فى سبيل تطوير هذه النظرية.

ولكن هذا الوضع على وشك أن يتغير. فمنذ بداية القرن الحادى والعشرين بدأ بعض علماء نظرية الأوتار، يتساءلون عن حجم الأنشوطات الكونية المتعددة الأبعاد، وذلك قبل أن تصل هذه النظرية إلى نقطة الصراع مع الأرصاد الفلكية لأعماق الكون، للتحقق من إنجازاتها. وكانت الإجابة مفاجأة لهم، إذ أن هذه الأنشوطات قد تكون ضئيلة جداً لا تتجاوز الملليمتر الواحد. والمفروض أنها تشتمل على الأبعاد الإضافية التى هى الخصائص المميزة لقوة الجاذبية.

وتقدم الأنشوطات الكونية – التى يبلغ حجمها ملليمتراً واحداً وتتضمن الجاذبية – تفسيراً لمدى ضآلة قوة الجاذبية، مقارنة بالقوى الأخرى فى الكون.



والصورة التى تتضح من هذه الأفكار، أن كل فضاء فى كوننا ذو أربعة أبعاد، مقيدة إلى جدار من غشاء له بُعْدٌ إضافى بالغ الدقة، حيث تنحصر تفاعلات القوى القوية والضعيفة والكهرمغنطيسية، بينما يُسمح لتفاعلات الجاذبية بأن «تتمدد» إلى خارج هذا الجدار فى شكل بُعْد إضافى، يرتد على الأنشوطة الكونية ذاتها، بمسافة تبلغ نحو ملليمتر واحد.

والجاذبية – بهذا المفهوم الحديث – تكون ضعيفة جداً، لأن معظم خطوط قوة الجاذبية تتشتت، فى هذه الأبعاد الأضافية، بينما القوى الثلاث الأخرى – المقيدة فى جدار الغشاء – لن تصاب بالضعف كما حدث للجاذبية.

كما اتضح لعلماء الأوتار، إن مدى طاقة التوحيد Unification للقوى الكهرضعيفة Electro-weak مع الجاذبية، تكون بنسبة أقل بكثير، مما يتنبأ به النموذج المعيارى، وسوف يتم التعرف على أسباب ذلك فى المستقبل القريب، عندما يتم الانتهاء من تشييد معجل الجسيمات الضخم «المصادم الكبير للهدرونات» فى مختبر CERN بجنيف فى سويسرا والهدرونات Hadrons هى مجموعة من الجسيمات الأولية شديدة التفاعل مع الجسيمات الأخرى وتشمل الميزونات والباريونات.

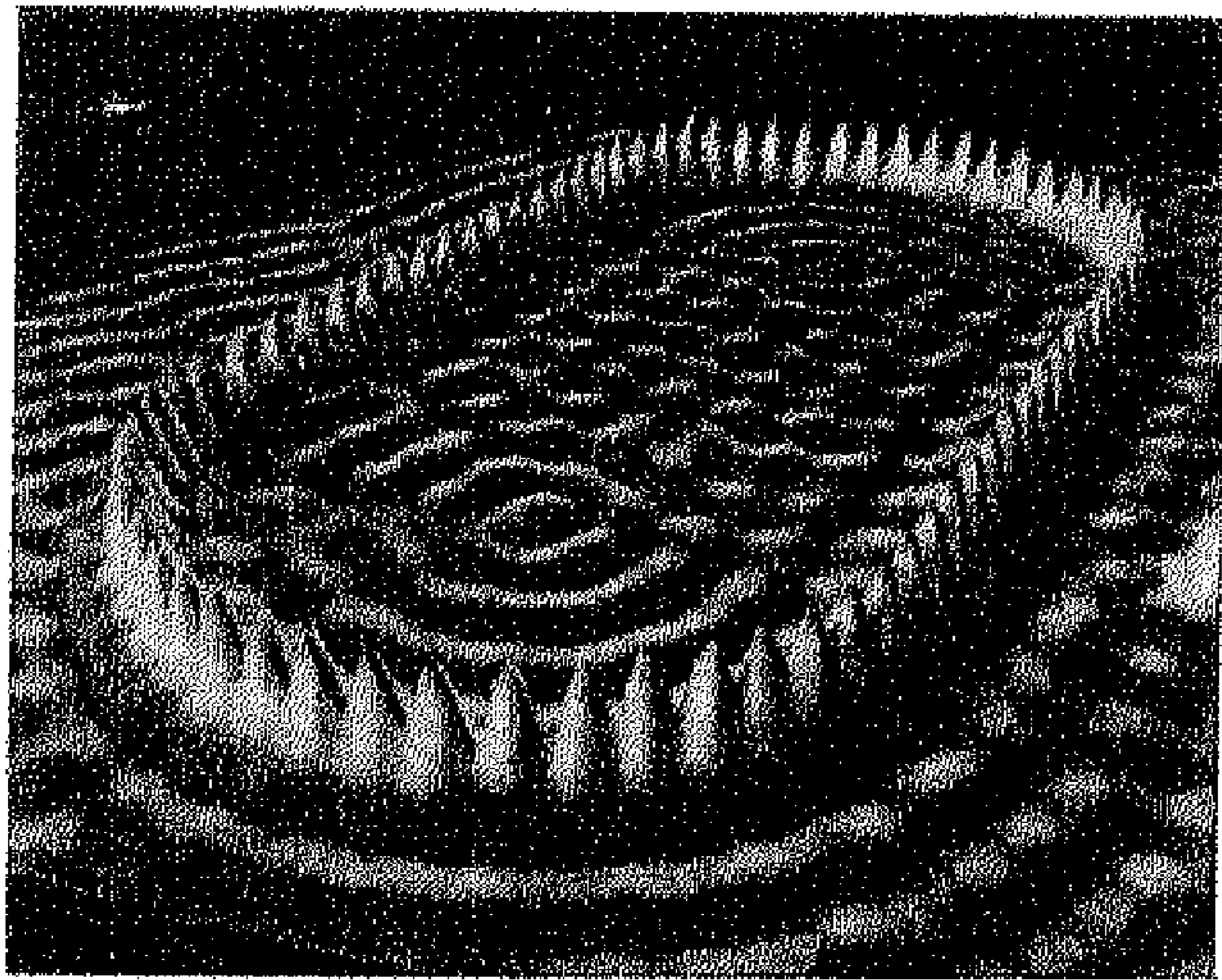
وربما تكون أكثر الأفكار إثارة للاهتمام – حتى الآن – هى أنه إذا كانت المسافة بين كتلتين فى حدود ملليمتر واحد. فإن قوة الجاذبية بينهما تكون أكبر. ويرجع هذا، إلى أن خطوط

المجال التجاذبى Cravitational Field تنتشر إلى الخارج فى شكل أبعاد إضافية «مضغوطة» فى أنشوطات المليمتر. فإذا كانت المسافة بين الكتلتين أقل من ملليمتر، فإن خطوط المجال التجاذبى تظهر بشكل أكثر قوة ولا تتشتت.

ويؤكد علماء الأوتار، بأننا على أعتاب مرحلة جديدة فى علم الفيزياء الكونية، لاكتشاف هذه الأبعاد الإضافية المدمجة فى الأنشوطات الكونية بالغة الضآلة وأن «جدار» الأوتار الفائقة يمثل بوابة تؤدى إليها.

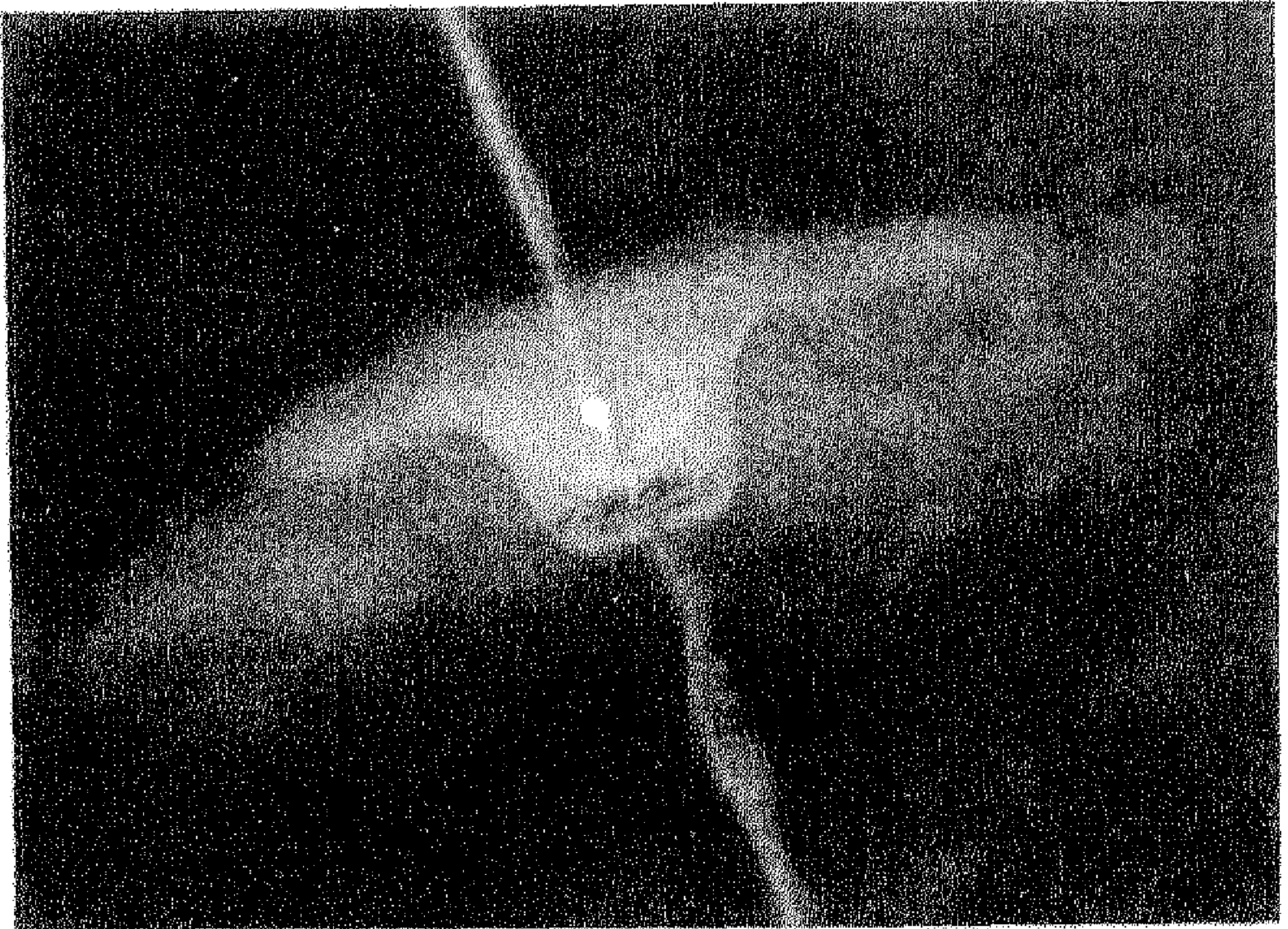
وربما تكون هناك «جدران» أخرى فى المادة المظلمة والمادة المضادة والأقطاب المغناطيسية المنفردة، وجسيمات أخرى مجهولة لا نتصور وجودها. كما قد توجد عوالم الظل Shadow Worlds من المواد العادية والغريبة وهى «موازية» لكوننا، ولكنها تقع على «جدار» آخر، وهى تنفصل عنا بمسافة ضئيلة جداً تقدر بجزء من المليمتر، ومع هذا فإنها ليست متصلة بنا على الأطلاق، إلا من خلال تأثيرات الجاذبية.

وسوف تمثل هذه الاكتشافات المذهلة، ثورة مستقبلية لعلم الفيزياء، خاصة فى مجال الأوتار الفائقة والجسيمات دون الذرية.



سر التدفقات الكونية الغامضة

اكتشف علماء الفلك ظاهرة كونية مثيرة فى أواخر شهر يونيو الماضى عبارة عن تدفقات تندفع إلى الفضاء فى شكل لولبى من داخل أحد النجوم النيوترونية Neutron Stars، ويبلغ ارتفاع هذه التدفقات نحو ثلاث سنوات ضوئية. والسنة الضوئية هى المسافة التى يقطعها الضوء فى سنة كاملة، مع العلم بأن سرعته تبلغ ٣٠٠,٠٠٠ كيلو متر فى الثانية الواحدة.



الرقصة...الكونية

وكانت المركبة الفضائية «شاندرا» التى أطلقت عام ١٩٩٩، وخصصت لدراسة أشعة إكس الصادرة من الأجرام الفضائية، قد رصدت تدفقات غازية تندفع من نجم نيوترونى يطلق عليه «البوصلة إكس -١» Circinus X-1 وهو فى الواقع نظام مزدوج (أى نجمان يدوران حول بعضهما البعض)، ويبلغ من شدة النجم الآخر من «البوصلة إكس -١»، أن تغير شكله إلى الشكل البيضاوى، كما أخذت مادته تندفع إلى النجم النيوترونى فى شكل دوامة، وبمجرد اقترابها منه يصدر عنها أشعة إكس ومن ثم استطاعت المركبة الفضائية «شاندرا» رصد النجم النيوترونى واكتشفت تلك «النفاثات» الجبارة التى تندفع إلى الفضاء إلى مسافات هائلة تبلغ ملايين الكيلو مترات وفى بعض الأحيان، تكون النجوم المزدوجة قريبة جداً من بعضها من زاوية الرؤية، تمارس «رقصة» كونية فى الفضاء، وعندئذ لا يستطيع أقوى تلسكوب أرضى أن يفرق بينهما، ولكن التلسكوبات الفضائية - ومنها «شاندرا» التى تدور على ارتفاع عشرة آلاف

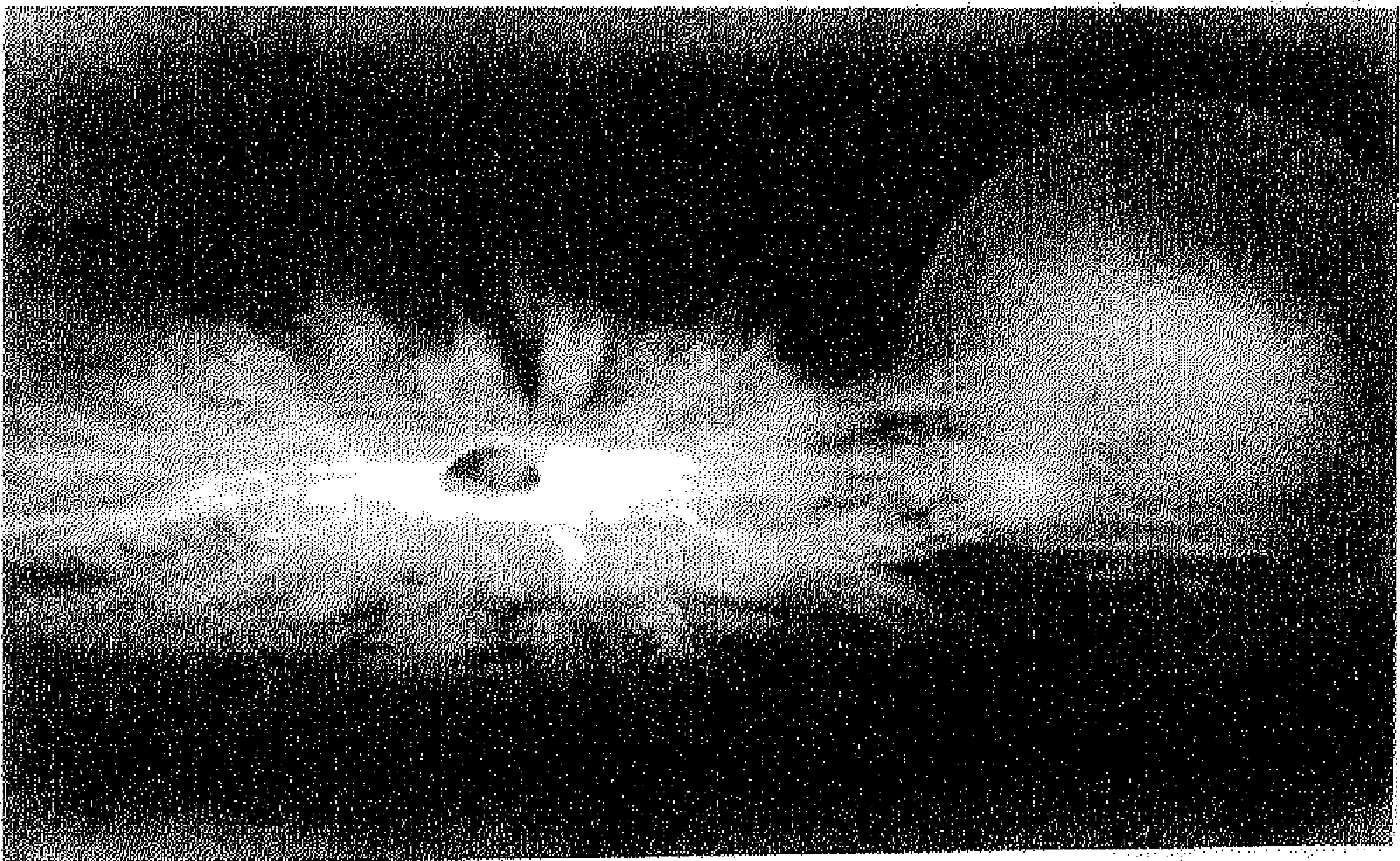
كيلو متر (الحضيض) ومائة وأربعين ألف كيلو متر (الأوج)، والذى يبلغ مدة دورتها حول الأرض نحو ٦٤ ساعة، ويصل وزنها إلى ٤٨٠٠ كيلو جرام، إستطاعت إيجاد الفرق بينهما.

ولولا «إزاحة دوبلر» Doppler Shift لما أمكن اكتشاف طبيعة هذا الازدواج، واعتقد العلماء أن ما يرون هو نجم واحد لا نجمين. ففى النظام الثنائى إذن، يدور النجمان حول مركز مشترك ويحدث وضع يقترب فيه أحدهما من الأرض، بينما يبتعد الآخر عنها. وفى هذه اللحظات يحدث لخطوط الطيف القادمة من النجم المقترب، أنزياحًا طفيفًا إلى جهة اللون الأزرق (أقصى اليسار من الطيف)، كما تتجه خطوط طيف النجم المبتعد إلى اللون الأحمر (أقصى اليمين من الطيف).

وعلى ذلك، فإن طيف هذا النجم الثنائى يظهر مزدوجًا مرتين فى أثناء كل دورة. ومن قياس الإزاحات الطفيفة فى الخطوط الطيفية، قياسًا دقيقًا يستطيع علماء الفلك أن يحسبوا سرعة كل من النجمين. وفى أحوال نادرة، نجد أن أحد النجوم المزدوجة يمر أحيانًا أمام رفيقه فيحجب ضوءه ويخسفه. والثنائى

«المنخسف» يعطينا ثروة من المعلومات، لأن الخسوف عندما يحدث يدلنا على أننا ننظر إلى المدار من جانب، فالانحراف إذن قد أصبح معروفًا.

ومن إنزياح خطوط الطيف فيه، يمكن أن نعرف شكل المدار وحجمه الصحيحين. ويمكن أن نحسب أيضًا كتلة كل من النجمين بدرجة دقيقة، وبالإضافة إلى ذلك، فإنه عندما ينخسف النجم نستطيع أن نعرف حجمه وشكله ولمعان سطحه. وهكذا توصل العلماء إلى أن رفيق النجم النيوتروني (البوصلة إكس -١)، هو نجم تبلغ كتلته عدة مرات أكبر من الشمس.



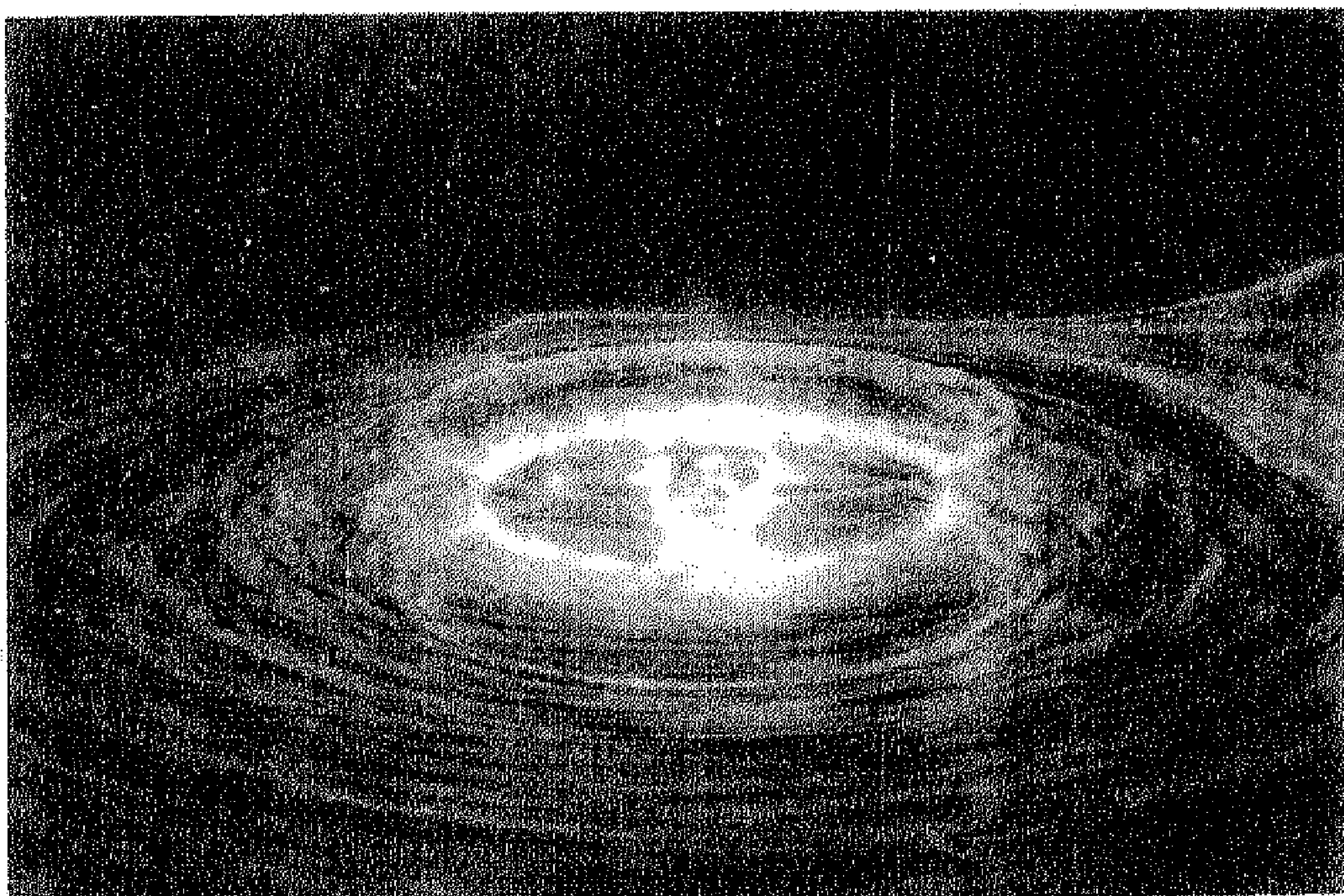
القبر الفضائي ... الميت الحي

وكانت التدفقات الكونية، تلك النفاثات الهائلة، صفة مميزة للثقوب السوداد Black Holes العملاقة، وكان طول هذه التدفقات عدة ملايين من السنوات الضوئية. ولأول مرة أكتشف علماء الفلك أن للنجوم النيوترونية تدفقات من المادة تندفع إلى الفضاء ولكن يبلغ طولها ثلاث سنوات ضوئية فقط.

فما هى الثقوب السوداء والنجوم النيوترونية ؟

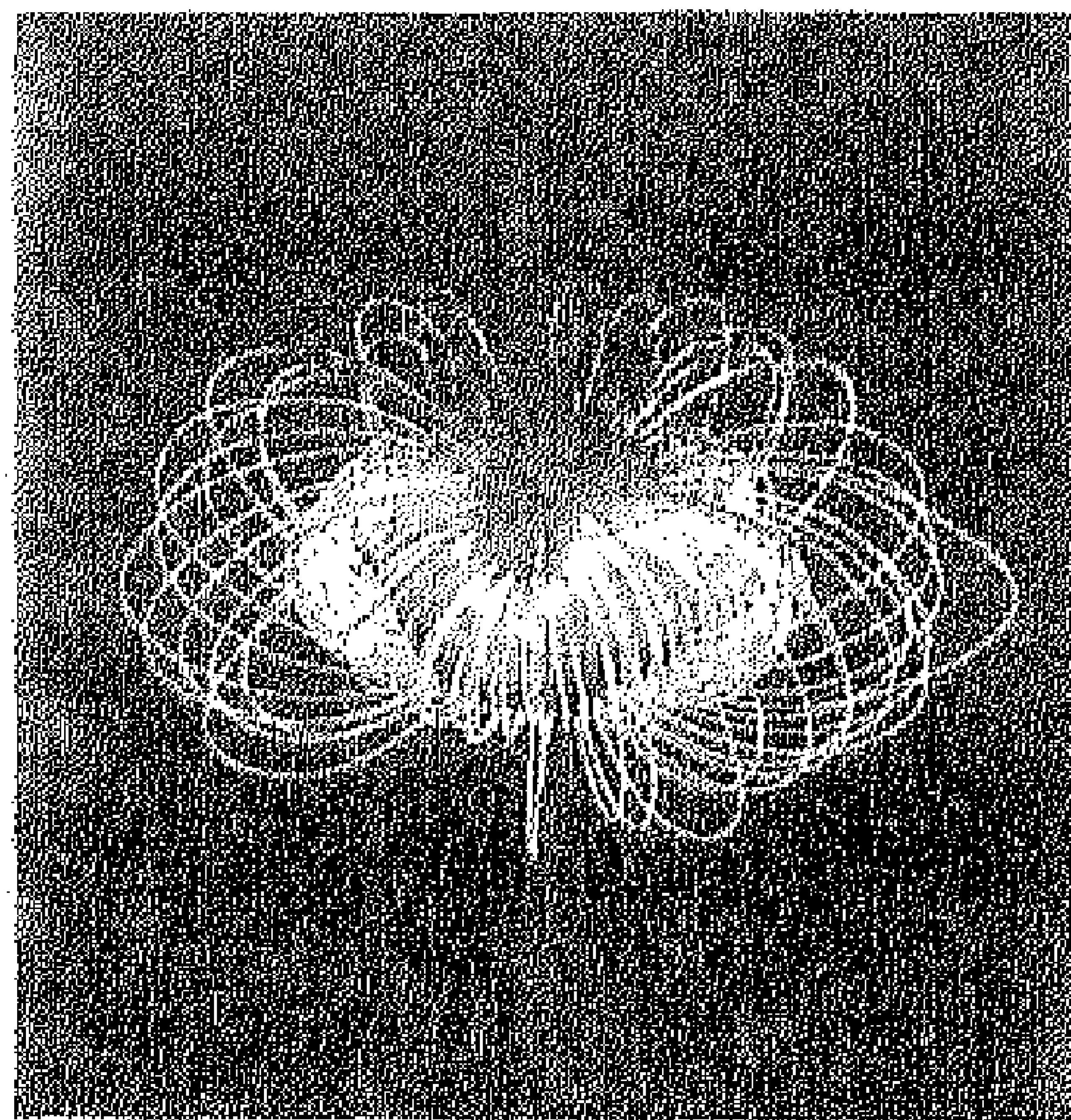
تسألنى فأجيبك : عندما يموت النجم الجبار تنهار مادته وتنطوى وتنكمش وتتراص، فيصبح أصغر من حجمه الأصلى بملايين المرات. أى أن الفراغ فى مادته يقل كثيراً، وتتجمع المادة مع بعضها البعض، وهذا يجعل قوى الجاذبية تزداد زيادة هائلة، حتى أنها تمنع كافة الجسيمات داخلها من الأنفلات إلى الخارج. كما أنها تجتذب إليها أى جسم يمر بالقرب منها، وحتى «فوتونات» الضوء تنجذب نحوها وتنحبس داخلها، ونتيجة لذلك لا يخرج منها ضوء وبذا تبدو سوداء.

حقًا أن النجم عندما يموت ويصبح ثقبًا أسود، يبقى هناك بكل كتلته المتكدسة، كما أنه يحيط نفسه بهالة سوداء وكأنها القبر الأسود، لا يخرج منه أى ضوء أو حركة أو مادة، لا شئ على الإطلاق سوى السكون والظلام. حتى الزمن يبطؤ فهو يتجمد فى القبر الأسود ويتوقف.



وأحد أهم أجزاء الثقب الأسود ما يطلق عليه منطقة الطاقة Ergosphere حيث تتكاثر تيارات المد والجزر المروّعة، ومن ثم فإن هذه المنطقة هي المسببة للتدفقات الهائلة والتى تعد أحد المصادر التى تمد الكون بالطاقة. والسبب الرئيسى فى وجود هذه التدفقات هو أندفاع المادة إلى مركز الثقب الأسود (التفرد Sin-gularity) بسرعة هائلة.

وبطريقة لولبية، وإن ما يصاحب هذا من «التواء» Twist فى الزمكان Space - Time الذى يحدث حول ثقب أسود دوار، هو ما يشاهده العلماء كتدفقات من المادة ذات الطاقة الجبارة.



نجم نيوتروني... وسوبرنوفا

فى الظروف العادية يمكن أن يتفكك النيوترون (متعادل الشحنة) إلى بروتون (موجب الشحنة) والكترون (سالب الشحنة). ولكن تحت ظروف قوى الجاذبية المروّعة التى تعترى النجم فى مرحلة السوبر نوفا (أنفجار مروع يفتت النجم، نتيجة أنهيار مادته عندما يصل إلى مرحلة الشيخوخة وحدوث موجة اصطدامية تتخذ طريقها بعنف إلى الخارج) فإن تقلص المادة الشديد فى حجم غاية فى الصغر النسبى، الذى يقرب ما بين الذرات، واندفاع الكتل الهائلة إلى قلب النجم بسرعة جنونية لتسحق مادتها. يؤدى هذا إلى أن الإلكترونات تقترب من نواتها لتدور ملاصقة لها، ثم تتولد لها طاقة إضافية عالية نتيجة اقترابها من النواة، تتيح لها التفاعل مع البروتونات الموجودة فى النواة. ويؤدى الالتحام مع البروتونات إلى تعادل شحنة الإلكترونات السالبة، مع الشحنة الموجبة للبروتونات، وبهذا تتحول إلى نيوترونات متعادلة الشحنة. أى أن ذلك التفاعل أدى إلى إنشاء النيوترونات واختفاء الإلكترونات. ونتيجة لهذا التحول يحدث

نقص مفاجئ فى التركيب الذرى (حيث كان يتكون من قبل من إلكترونات وبروتونات). وبهذا الانخفاض تعمل الجاذبية على تقليص المادة أكثر، وهكذا ينشأ النجم النيوترونى مكوناً كله تقريباً من نيوترونات.

وكنتيجة لهذه الانكماشات واختفاء الفراغات الذرية، يتقلص حجم النجم الجبار إلى أن يبلغ قطره حوالى عشرة كيلو مترات فقط، ومع هذا يحتوى على مادة هائلة، وهكذا يزن السنتيمتر المكعب من مادة النجم النيوترونى حوالى مائة مليون طن.

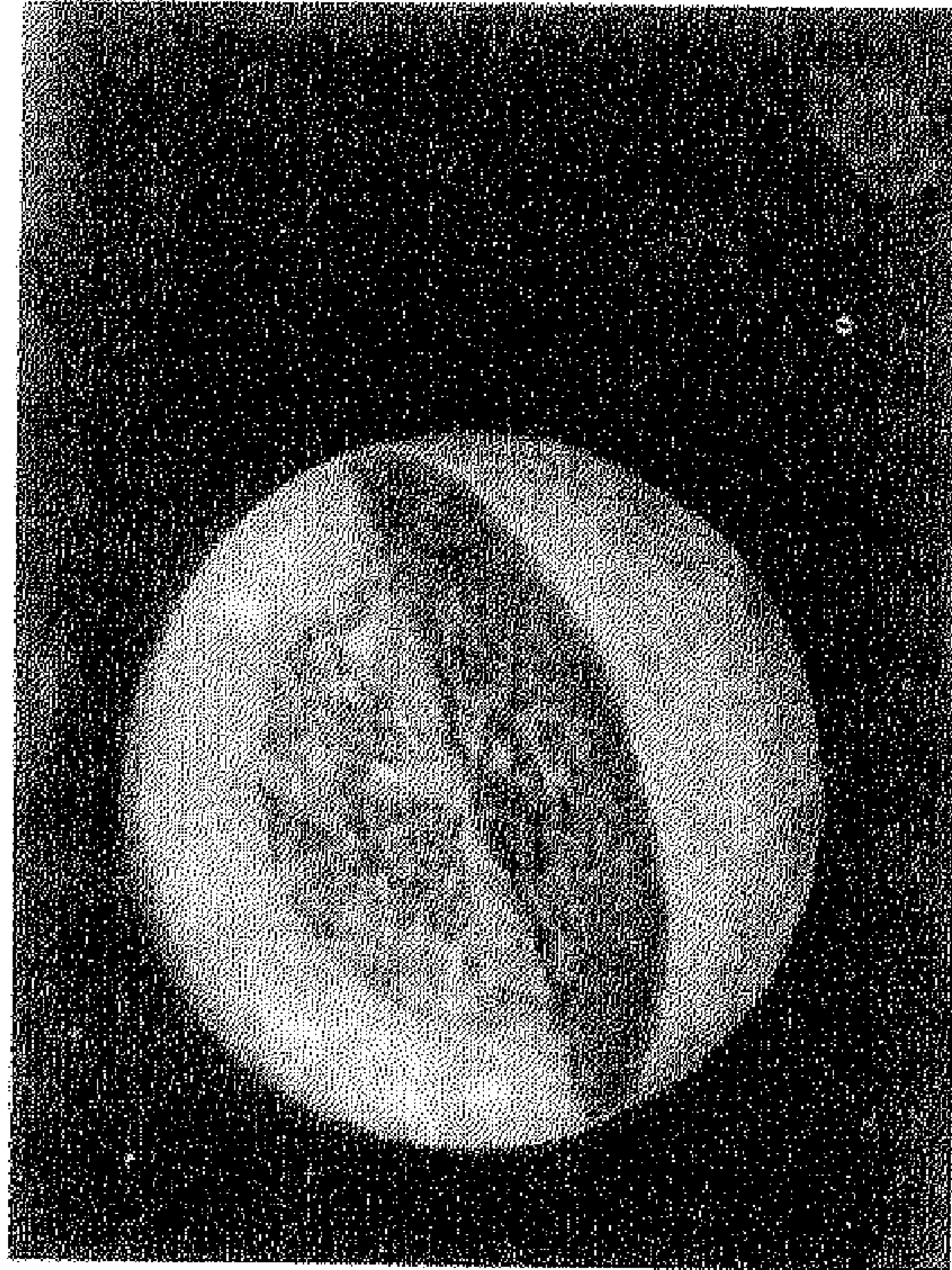
والنجم النيوترونى (البوصلة إكس – ١) يقع فى كوكبة (البوصلة) Circinus التى تبعد عنا بنحو ٢٠,٠٠٠ سنة ضوئية. وتنطلق تدفقات المادة من هذا النجم البالغ الكثافة، وتتميز بأن طاقتها هائلة، وتقترب سرعتها من سرعة الضوء، والأمر الغريب الذى يحير العلماء، هو كيف ينطلق تدفق بطول نحو ثلاث سنوات ضوئية من جسم لا يزيد قطره على عشرة كيلو مترات ؟

أو ما هى تلك القوة المروّعة داخل النجم النيوتروني (البوصلة إكس – ١) القادرة على إطلاق مثل هذه التدفقات إلى تلك الارتفاعات الهائلة ؟

لقد أصبحت هذه التدفقات الغامضة فى بؤرة الأبحاث العلمية الفلكية، لأنها سوف تكشف عن مصادر الطاقة فى الكون، ويأمل العلماء أن تسهم أرصاد التلسكوبات الفضائية المستقبلية، فى الكشف عن هذا السر الكونى الغامض.

النجم الماسي.. كنزكوني !

بعض النجوم - بعد حياة دامت ملايين السنين - تبدأ الدخول فى مرحلة الشيخوخة، ثم الاحتضار فمرحلة الموت، وهذه النجوم يطلق عليها «الأقزام البيضاء» White Dwarfs ذلك أن العلماء كانوا يعتقدون بأنها تختار لها نعشًا أبيض، ولكن اتضح - مؤخرًا - أن الأقزام البيضاء تموت فى نعش من الماس.



ومن ثم أصبح يطلق عليها «النجوم الماسية» Diamond Stars . فما هى ظروف تكوين «الماس» داخل الأقزام البيضاء ؟

إن قصة حياة النجم كلها تتلخص فى صراع بين الجاذبية التى تعمل على تقليصه وبين القوة النووية التى هى عامل على تمدده، وعندما يصل النجم - الذى يبلغ نحو ١,٤ قدر كتلة الشمس - إلى نهاية حياته بعد مرحلة العمالقة الحمر Red Giants ، فإن القوى الحرارية تخسر المعركة فى نهاية الأمر مع الجاذبية.

أما الطاقة اللازمة للاحتفاظ بالحرارة فقد فُقدت فى الفضاء، بينما كان النجم متأججاً فى فترة شبابه. وبمجرد انتهاء «الوقود» فإن قلب النجم يبرد إلى الحد الذى تختفى فيه أهمية الضغط الحرارى، ويصبح الغلبة شيئًا فشيئًا للجاذبية، فيتقلص النجم حتى تصبح دقائقه متلاصقة تقريباً.

وهكذا لم يعد هناك مجال لأى تفاعل نووى، بعد أن أصبح النجم نعشًا للعناصر الثقيلة التى كونها النجم فى مركزه، عندما

انتهى رصيد الهيدروجين، الذى كان يكوّن معظم مادته منذ اللحظات الأولى لميلاده. وعندما يصل النجم إلى مرحلة القزم الأبيض، يتوقف عن توليد الطاقة، ذلك لأنه لم يعد يحتوى على «وقود» كاف، ويبدأ النجم فى عملية تبريد طويلة وبطيئة يشع فيها طاقته الضئيلة بتغير شديد فى الفضاء، ومن ثم يبدو خافتاً.

ويرجع سبب خفوت ضوء القزم الأبيض، إلى أن حجمه صغير نسبيًا ولأن مادته مكدسة بشكل هائل، فتحت ظروف الضغط المروع السائد فى القزم الأبيض، نجد أن التركيب الذرى العادى غير موجود. فالإلكترونات قد أرغمت على الخروج من مستويات طاقاتها العادية، وانضغطت كل الذرة بحيث اقتربت الكتروناتها من نواتها فى حيز ضيق كثيف وقد اعتصر فراغ جميع ذرات القزم الأبيض، وبذلك أنضغطت كل مادة قلب النجم إلى حوالى كوكب وربما أقل، ومن ثم يكون وزن السنتيمتر المكعب من مادة القزم الأبيض أكثر من طن!



الضغط التحللي

وقد تتساءل : كيف أمكن للقزم الأبيض أن يتغلب على قوى الجاذبية المروعة ؟

إن السر يكمن فى الكثافة الهائلة للقزم الأبيض، الذى لم يتقلص إلى حجم أصغر، لأن قلبه يمارس ضغطًا – ليس له علاقة بالطاقة الحرارية – يسمى «الضغط التحللى» -Degenera

cy Pressure ، وقد جاءت التسمية من حالة التحلل التى تصيب الإلكترونات، عندما تكون المادة فى حالة كثافة شديدة.

وكنتيجة لهذا فإن انخفاض درجة حرارة القزم الأبيض لا تؤثر فيه كثيراً، فهو ما يزال قادراً على الاحتفاظ بكتلته لأن ضغط القلب لا يعتمد على الحرارة. وقوة ضغط التحلل الغريبة، تتأتى من اتحاد عاملين : الكثافة الهائلة للأقزام البيضاء والصفات المميزة للإلكترونات.

ففى الغاز العادى - كالغاز الذى يوجد فى مركز الشمس - توجد الذرات متباعدة حتى أن أحجامها أصغر كثيراً من المسافات بينها، ومن ثم تتحرك بحرية وتمارس الضغط كنتيجة لاصطدامها بالذرات الأخرى، أما فى الغاز التحللى» -Degener ated Gas ، فإن الذرات مكدّسة والإلكترونات تبدو ككرات متلاصقة فى صندوق صغير، وهكذا فليست هناك مسافات بينها، ومن ثم فهى تقاوم أية محاولة لضغطها أو تقليصها إلى حجم أقل. مثل هذه الذرات تسمى «مادة حيادية» -Neutral Materi

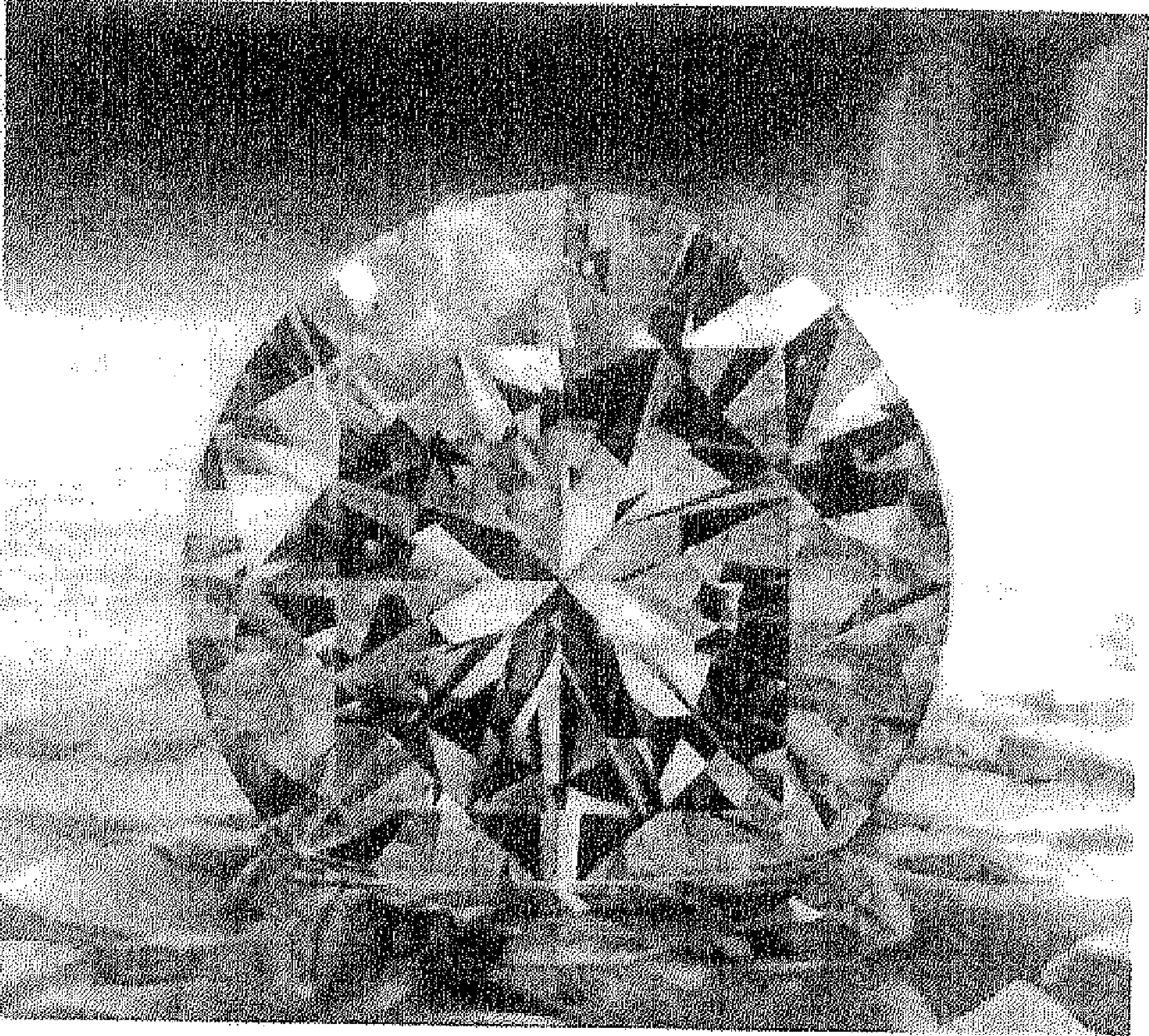
al حيث انضغطت فيها النوى والالكترونات بالقرب من بعضها لدرجة أنها فقدت كثيراً من حرية حركتها، ولم تعد للمادة خصائص الغاز، وقد اعتصر فراغ كل الذرات فى القزم الأبيض، وبذلك تكدست كل مادة قلب النجم متطرفًا فى كبر كثافته، وبالتالى ازدادت جاذبيته حوالى مليون مرة.

وقبيل تكوّن القزم الأبيض يكون هناك «غطاء» من غازات كثيفة بسمك يبلغ حوالى مائة كيلو متر، وفوق هذا الغطاء الغازى الغريب، يوجد الغلاف الجوى المكوّن من الهيدروجين المتبقى ضمن تركيب النجم.

ولكن عندما ينهار النجم ويصبح قزمًا أبيض - ونظراً لأن الجاذبية تؤثر على الغاز كما تؤثر على المادة الصلبة - نجد أن قوى الجاذبية الهائلة، فى القزم الأبيض تشد ذرات الغاز وجزيئاته فى «الغلاف الجوى» إلى أسفل، ضاغطة أياها فى طبقة لا يزيد سمكها على عشرات الأمتار.

إن التفكير بإمعان فى هذه الظروف المروّعة التى تسود الأقزام

البيضاء، يؤدى إلى تفهم الظروف التى أدت إلى تكوين «الماس» داخل هذه النجوم.



شمسنا ... نجم ماسي ولكن ما هو الماس ؟

أنه أحد الأحجار الكريمة الثمينة، وهو عبارة عن بلورة مثمنة الوجوه غالبًا، ويظهر الماس تنوعًا كبيراً فى الألوان، أصفر،

برتقالى، أخضر، أزرق، أحمر، ولكن الماس غير الملون و المشوب بشكل خفيف جداً بالزرقة، هو الحجر الأكثر قيمة ويتمتع ماس بصلابته وكذلك بخاصيتين ضوئيتين رئيسيتين :

- خاصية انكسار مرتفعة.
- تشتيت للضوء عال جداً

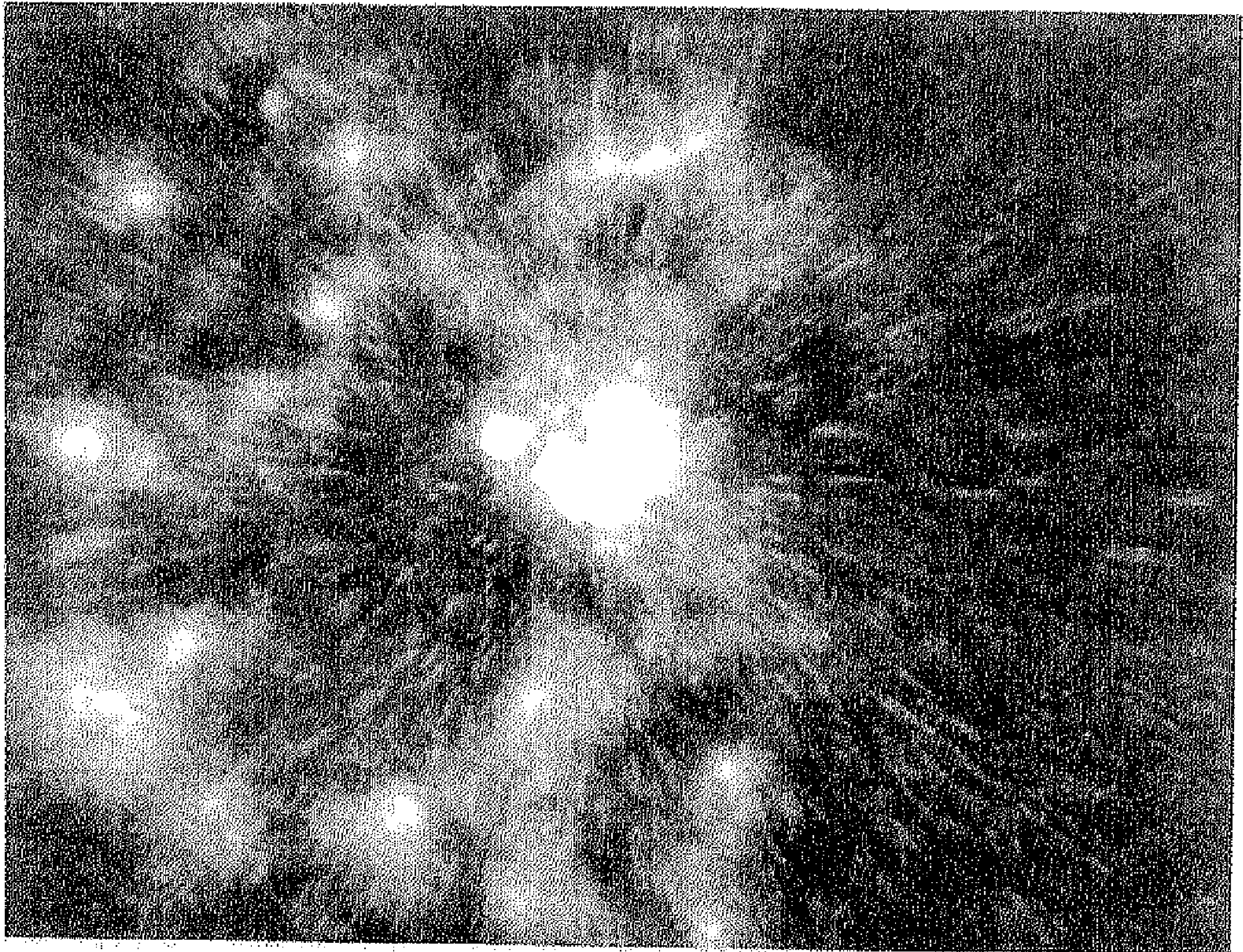
وهاتان الخاصيتان تعطيان الماس ذلك البريق الخاص، والتوهجات الرائعة التى تصدر عنه. وأن القارة الأكثر غنى بالماس هى أفريقيا، خاصة فى جنوب أفريقيا حيث اكتشفت أكبر الماسات والماس مكون من الكربون النقى.

وتتطلب نشأة الماس ضغوطاً ودرجات حرارة مرتفعة، ومن ثم فإنه مرتبط بمناطق عميقة من القشرة الأرضية.

ومؤخراً تم اكتشاف أول نجم ماسى فى الكون، وقدرت كمية الماس الموجودة فيه بنحو ١٠ بليون تريليون تريليون قيراط أى رقم واحد وأمامه أربعة وثلاثين صفراً (القيراط مقياس للماس ويساوى حوالى ٠,٢ جرام).

قارن هذا بأكبر ماسة اكتشفت فى باطن الأرض وهى بوزن ٣١٠٦ قراريط (٦٢٠ جراماً).

والماس الذى فى هذا النجم عبارة عن كربون نقى متبلور، ويبلغ قطر النجم الماسى نحو أربعة آلاف كيلو متر ويبعد عن كوكب الأرض بحوالى خمسين سنة ضوئية.



فى كوكبة «قنطوروس» Centaurus وقد أطلق على النجم الماسى Bpm 37093 ، وهو قزم أبيض وبدراسة أطياف إشعاعاته أمكن التعرف على وجود الماس به، بالإضافة إلى أنه يصدر رنيناً مثل ناقوس جبار، وتمر عبر كتلته نبضات دائمة.

وبقياس هذه النبضات، استطاع العلماء دراسة المركز الخفىّ لهذا القزم الأبيض كما يفعل علماء الجيولوجيا بـ «مرسمة الزلازل» Seismograph التى تمكنهم من التعرف على الصخور المكوّنة لباطن كوكب الأرض.

ويعتقد علماء الفلك بأن الكربون الذى يوجد فى مركز القزم الأبيض، قد تعرض لضغط جبار وجاذبية مروّعة ومن ثم تحوّل إلى ماس.

ولكن هل تتحول شمسنا فى زمن ما إلى قزم أبيض ؟

يعتقد الخبراء أن شمسنا سوف تصبح قزمًا أبيض بعد نحو خمسة آلاف مليون عام وبعد ألفى مليون عام أخرى، سيتحول الكربون فى باطنها إلى بلورات من الماس . ومن ثم ستصبح حجراً كريماً فى وسط المجموعة الشمسية.

رقم الإيداع

٢٠٠٨ / ٢٢٧٧

هذه الكراسة

تقدم قراءات متنوعة حديثة، تمثل في مجملها رحلة مثيرة في فيزياء المادة والكون. لقد كانت محاولة فهم أسرار الكون المترامي الأبعاد الشغل الشاغل للإنسان منذ القدم، حتى أن البعض يورد ملاحظة ذات مغذى، توضح أن الإنشغال بأعماق الكون قد سبق الإنشغال بأعماق الأرض، التي يعيش عليها في هذا الكون الرحب.

وفي السنوات الأخيرة، إزدادت جاذبية هذا الموضوع عند قراء العربية. وكان مؤلفنا الكاتب العلمي/رؤوف وصفي من أكثر كتاب الثقافة العلمية متابعة وإنتاجاً.

فإننا نرحب برحلة جديدة في فيزياء المادة والكون، التي تطوف بنا في مكونات المادة وتذهب إلى ما قبل الإنفجار العظيم.

د. أحمد شو





ISBN : 977- 281- 368- 8



ACADEMIC BOOKSHOP
Egypian Joint-Stock Co. Cairo 2002